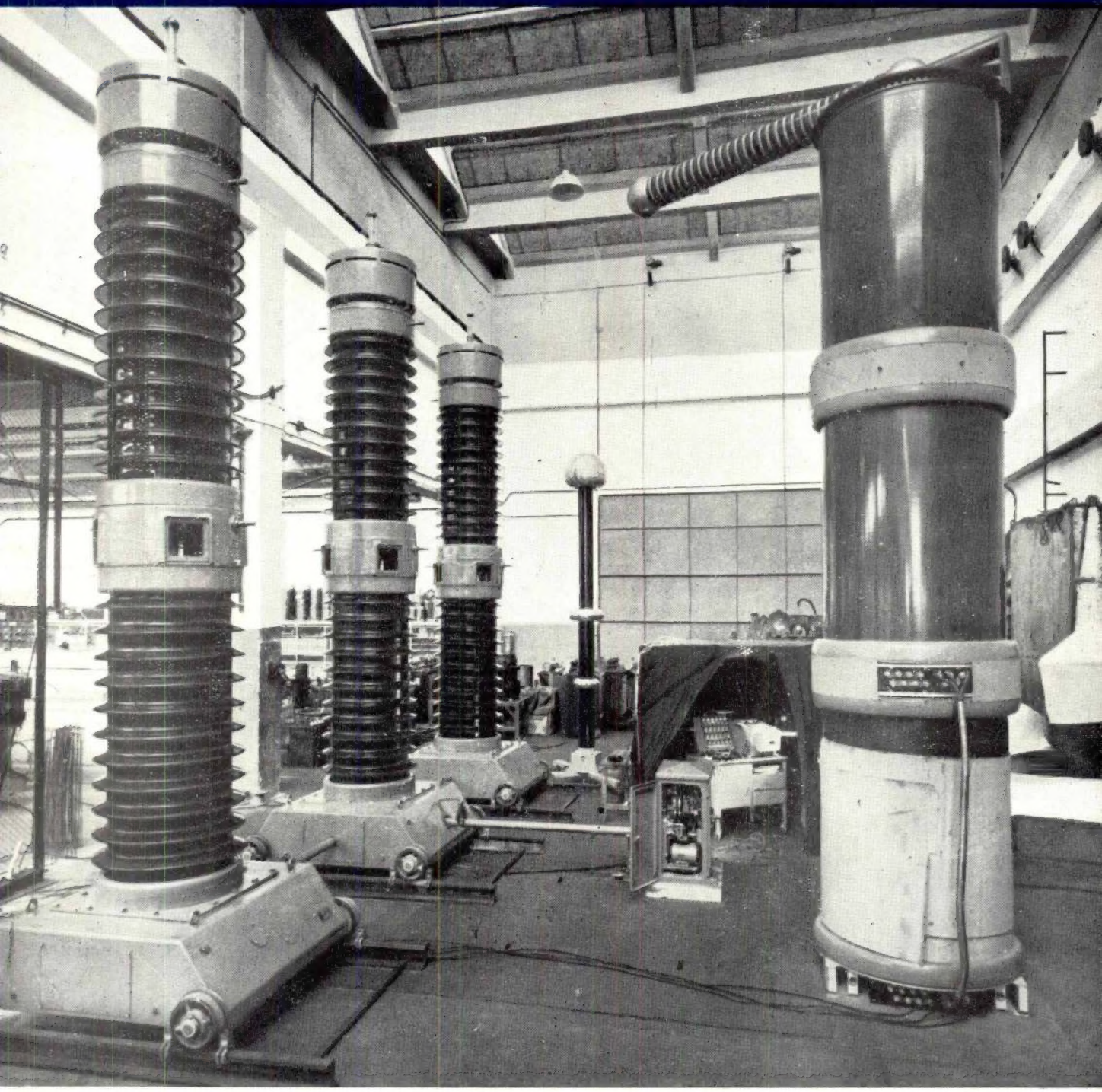
# TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I. S. T.

N.º 264-JULHO-1956

# CIMENTO SECIL

O CIMENTO PARA OBRAS DE GRANDE RESPONSABILIDADE

4 fornos rotativos — 300.000 toneladas anuais

Fábrica no Outão — Setúbal

Lisboa — Rua do Comércio, 56-3.º

# ELECTRO-ARCO
LIMITADA

ELECTRODIOS
POSTOS E ACESSORIOS
PARA A SOLDADURA ELECTRICA

MATERIAL APROVADO PELO
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

FÁBRICA E LABORATÓRIOS
VENDA NOVA — AMADORA
LISBOA
RUA SILVA CARVALHO, 239 — TEL 63649
PORTO
RUA DO BOLHÃO, 216 — TEL 21277

# CAVAN

SOCIEDADE PORTUGUESA

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS
MOSAICOS E AZULEJOS

COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA
MANILHAS PARA ESGOTOS

RUA D. ESTEFÂNIA, 42
TELEF. 47812-50129
LISBOA

# TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Ano XXXI - N.º 264 Julho de 1956

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I.S.T. * LISBOA-N. * TELEF. 77 01 44 (Linha 50)

**DIRECTOR**

JOSÉ DO SACRAMENTO COSTA

**ADMINISTRADOR**

JORGE DO NASCIMENTO VALÉRIO

**SECRETÁRIO**

CARLOS MANUEL DE MEDEIROS PORTELA

**CORPO REDACTORIAL**

EDUARDO ARANTES E OLIVEIRA

FERNANDO TIAGO SANCHES

RUI DO CARMO MOURA

JOÃO CARLOS DA MAIA NOGUEIRA

*

NUMERO AVULSO 12$50

**ASSINATURAS:**

| | 3 N.os | 5 N.os | 10 N.os |
|---|---|---|---|
| Continente e Ilhas | 32$50 | 50$00 | 95$00 |
| Ultramar Português e Espanha | — | 55$00 | 100$00 |
| Estrangeiro | — | 80$00 | 110$00 |

*

**EDITOR E PROPRIETÁRIO**

ASS. DOS ESTUD. DO I.S.T.

*

COMPOSTO E IMPRESSO NA

Tip. JORGE FERNANDES, L.DA

RUA CRUZ DOS POIAIS, 103

LISBOA

# SUMÁRIO

**CAPA — Disjuntor Soprel de pequeno volume de óleo, fabricado em Portugal, para a HICA – Central de Vila Nova, durante o ensaio de rigidez sob 350.000 V, 50 Hz, 1 minuto.**

**Tipo : DH — 150 — 800 — II**
**Tensão nominal : 150 KV**
**Corrente nominal : 800 A**
**Poder de corte simétrico : 3500 MVA**
**Comando : eléctrico - servo - motor**

Págs.

**Cálculo dos colectores de esgoto de secção de valeta abobadada — Publicação póstuma**

Pelo Eng.º Civil (I. S. T.) José Gomes Alvarez . . . . . 523

**Comunicação por impulsos — Estudo da modulação de sucessões de impulsos**

Pelo Eng.º Electr. Manuel José de Abreu Faro . . . . . 541

**Problemas da indústria do barro vermelho**

Por Afonso Rodrigues Jorge Fernandes . . . . . 563

**A nossa capa** . . . . . 569

Notas informativas — **Elementos sobre a produção e consumo de energia na rede eléctrica nacional** . . . . . 571

**Do Mundo Técnico** . . . . . 572

**Biblioteca** . . . . . 586

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SAO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

# Índice Alfabético dos nossos anunciantes


Pág.

## A

**A. Gestetner, Ltd.ª** . . . . . XL
**Alfredo Alves** . . . . . XXXVI
**Ahlers, Lindley, Ltd.ª** . . . . . XXIV
**António Baró** . . . . . VIII
**Azevedo & Pessi, Ltd.ª** . . . . . XXXIV

## B

**Blackwood Hodge** . . . . . XIII
**Bonneville Oliveira** . . . . . XXXIX
**Bouhon & Irmão, Ltd.ª** . . . . . VIII

## C

**Canelas & Figueiredo, Ltd.ª** . . . . . XXVI
**Cimento Secil** . . . . . 2.ª da capa
**Companhia de Cimentos Brancos** . . VI
**Companhia União Fabril** . . . . . VII
**Construções Técnicas, Ltd.ª** . . . . . VIII
**C. Santos, Ltd.ª** . . . . . X e XXXVIII

## E

**Edmond Dardel** . . . . . II
**Edouard Dalphin** . . . . . 4.ª da capa
**Electro-Arco, Ltd.ª** . . . . . 2.ª da capa
**Emílio de Azevedo Campos & C.ª, Ltd.ª** . . . . . XVIII e XXXIII
**Empresa Electro Cerâmica** . . . . . VII
**ENAE** . . . . . XXV
**Empresa de Produtos Asfálticos** . . . IV
**Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª** . . . . . 3.ª da capa
**Estabelecimentos Herold, Ltd.ª** . . . IX

## F

**Fábrica Metalúrgica e Construtora CARAVELA, Ltd.ª** . . . . . XXXI
**Fábrica Portugal** . . . . . XIV
**Fundição e Construção Mecânicas** VI

## G

**General Electric Portuguesa** . . . . XXVIII
**Guedes & Santos Silva, Ltd.** . . . . . XL

## H

**Harker, Summer & C.ª, Ltd.ª** . . . . XXXVI
**Henriques & Castro, Ltd.ª** . . . . . IV

## I

**Industriewerk Schaeffler** . . . . . XXX
**INEL** . . . . . XXI

Pág.

**IST** . . . . . XLI

## J

**Jayme da Costa, Ltd.ª** . . . . . XXIII
**J. E. Michaëlis de Vasconcellos (Eng.º)** XXX

## L

**Leacock (Lisboa), Ltd.ª** . . . . . XV

## M

**Mabor** . . . . . XL
**Manil** . . . . . XXXIII
**Máquinas de Precisão, Ltd.ª** . . . . . XXXIV
**Mecâno-Civis, Ltd.ª** . . . . . XX
**Minas e Metalurgia** . . . . . XVII
**Monteiro Gomes, Ltd.ª** . . . . XII e XXXVII

## N

**NIKEX** . . . . . XIX
**Nordberg** . . . . . XXXII

## P

**Pimentel & Casquilho, Ltd.ª** . . . . . III

## R

**Rolim Comercial** . . . . . XXVII

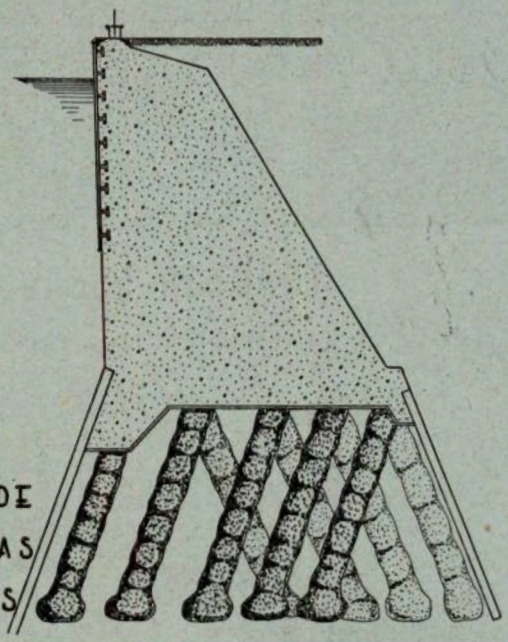
## S

**Sanfer, Ltd.ª** . . . . . XXXVI
**SKF** . . . . . XXVIII
**SIMET** . . . . . XVIII
**SMEIA** . . . . . V e XXXV
**Sociedade Avanço, Lda.** . . . . . XVIII
**Sociedade Construtora Portuguesa, Ltd.ª** . . . . . I
**Sociedade Ericsson de Portugal, Ltd.ª** XXXVI
**Sociedade Fabril de Matérias Plásticas** . . . . . XXII
**Sociedade Industrial Metalúrgica** . XL
**Sociedade Portuguesa Cavan** . . . . 2.ª da capa
**Socony-Vacuum Portuguesa** . . . . XVI
**Socotel** . . . . . XXIX
**Sondagens Ródio, Ltd.ª** . . . . . XXXIX
**SOPECATE** . . . . . VII
**Standard Eléctrica** . . . . . XI

PARA RESISTIR A ESFORÇOS
OBLÍQUOS E DINÂMICOS
EMPREGAM-SE ESTACAS

**FRANKI**

CUJA INCLINAÇÃO
RIGOROSAMENTE VERIFICADA,
PODE ATINGIR 25°.
INDISPENSÁVEIS NA EXECUÇÃO DAS
FUNDAÇÕES DE PONTES, DE MUROS DE
SUPORTE E DE MÁQUINAS SUBMETIDAS
A ESFORÇOS DINÂMICOS IMPORTANTES



**FUNDAÇÕES FRANKI**
**SOCIEDADE CONSTRUTORA PORTUGUESA L.DA**
PRAÇA DA ALEGRIA 20 R/C LISBOA

# EIMCO

Rocker Shovel
Patenteado

**SIMPLICIDADE**

**COMPACIDADE**

**ROBUSTEZ**

peso 17.000 kg
balde 1.110 litros

## TRACTOR ESCAVADOR 105

ATÉ AO

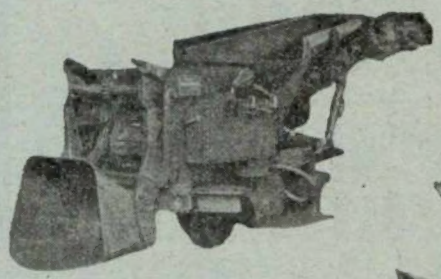
**SUPERIOR A ESCAVADORA CLÁSSICA**

Resolvendo o problema da carga tanto em pedreiras como em galerias e com qualquer veículo

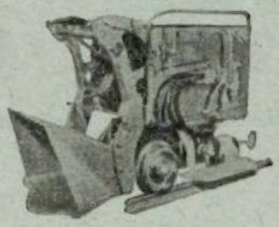
**MÍNIMO VALOR DE COMPRA**
**MÍNIMO CUSTO DE CONSERVAÇÃO**

ENERGIA pouco consumo { AR COMPRIMIDO / ELÉCTRICA / DIESEL

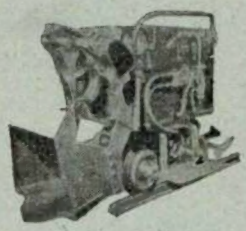
ao modelo 21 a ar comprimido corresponde o modelo 630 montado sobre lagartas



Modelo 40

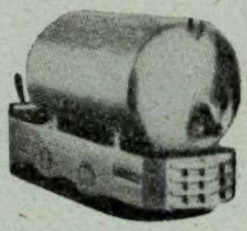


Modelo 21



Modelo 12 B

Locomotiva a ar



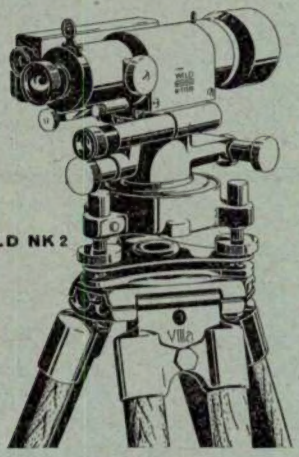
**TODA A GAMA DE CARREGADORAS SUBTERRÂNEAS**

**Milhares de unidades trabalhando em todo o Mundo**

•

AGENTE EXCLUSIVO

EDMOND DARDEL
Rua Rodrigues Sampaio, 19-4.º-B — LISBOA
Telef. 4 2289




INSTRUMENTOS DE
ALTO RENDIMENTO
PARA

TOPOGRAFIA
GEODESIA
FOTOGRAMETRIA
MICROSCOPIA
DESENHO

**WILD**
HEERBRUGG

# A MARCA DE PRESTÍGIO INTERNACIONAL

•

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA
R. EUGÉNIO DOS SANTOS, 75 • LISBOA
TELEFONE: 24314 • TELEGRAMAS: TECNA

APRESENTA EM TODO O MUNDO
UM PRODUTO À BASE DE CIMENTO

EMBELESADOR

PETRIFICANTE

HIDRÓFUGO

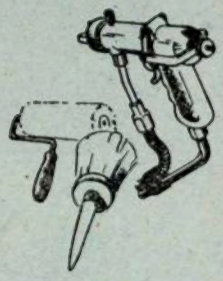
DISTRIBUIDORES EM PORTUGAL E ULTRAMAR:

**HENRIQUES & CASTRO, Lda.**

Av. Conde de Valbom, 96
LISBOA

Tele { gramas: HENRICASTRO
fones 77 50 57 - 77 50 58

APLICAÇÃO
FÁCIL



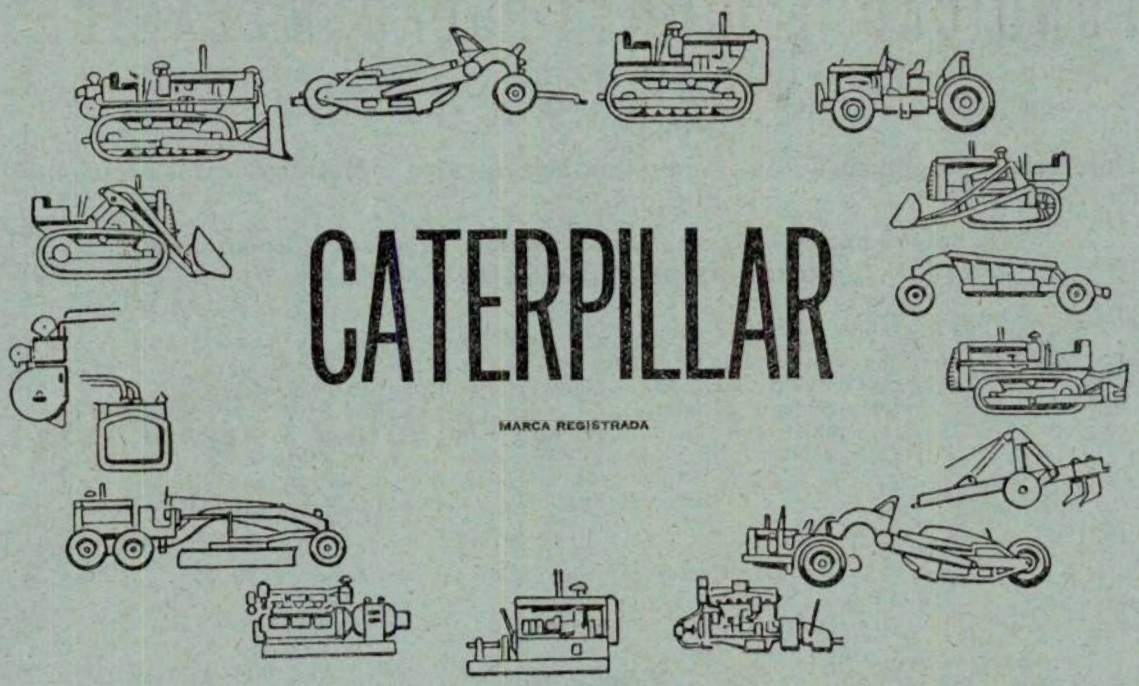
Para impermeabilizar terraços, paredes, fundações, etc.

COLAGEM DE TACOS DE MADEIRA

FABRICA EM SACAVÉM

TELEFONES { 4 2651
4 2156

TELEG. EPALDA—LISBOA




## A mais completa linha de equipamentos para remoção de terras:

6 modelos de tractores de rastos, de 38 a 230 H. P. à barra.
3 modelos de tractores de rodas, de 186 a 300 H. P.
10 modelos de «scrapers», com capacidades que vão de 3,6 j. c. a 27 j. c.
2 modelos de vagões com as capacidades de 10,7 $m^3$ a 19,1 $m^3$.
21 modelos de «bulldozers» comandados por cabos ou hidràulicamente.
3 modelos de pás hidráulicas «Traxcavator», com as capacidades de 1, 1 1/2 e 2 1/4 j. c.
3 modelos de motoniveladoras com as potências de 50, 75 e 115 H. P.
4 modelos de comandos por cabos, de montagem trazeira e frontal.
3 modelos de comandos hidráulicos, de montagem trazeira e frontal.
2 modelos de escarificadores.
14 modelos de motores diesel industriais, de 57 a 520 H. P.

Como complemento desta linha, constroem os fabricantes Hyster Company, Athey Corporation, C & D Manufacturing Company, Fleco Corporation e Preco Incorporated (companhias associadas da CATERPILLAR) os seguintes equipamentos: «Hystaway» (Pá mecânica, retroescavadora, dragline ou guindaste, para montar em tractor Caterpillar D6, D7 ou D8), compactadores, vagões sobre rodas ou rastos, «dumpers», lâminas especiais de bulldozer para pedras ou raízes, escarificadores para montar nas lâminas dos bulldozeres, niveladoras rebocadas, etc.

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS:

SMEIA

SOCIEDADE DE MECANIZAÇÃO INDUSTRIAL E AGRÍCOLA, S. A. R. L.

**Avenida Padre Manuel da Nóbrega, 8-B — LISBOA**

Telefones 72 40 53/4/5

# FUNDIÇÃO E CONSTRUÇÃO MECÂNICAS

S. A. R. L.

## OEIRAS

Uma grande organização na «**Indústria Metalúrgica e Metalomecânica nacional**»

Com **Fábrica** onde se produz:

**Fundição de ferro, Ferros Ligas e Metais, Esmaltes — Esmaltagem**

**OFICINAS DE SERRALHARIA E FORJAS**

*Alguns artigos de série:*

Banheiras de ferro fundido esmaltado — Todos os artigos sanitários para casa de banho e cozinha — Caldeiras e radiadores para aquecimento central — Salamandras — Fogões e fogareiros a gás — Fogões a lenha e carvão — Escadas e escadotes — Tábuas de engomar — Material para construção civil (aros para claraboias, sifões de pátio, ventiladores, portinholas, olhos de boi, autoclismos, etc.) — Bancos de jardim — Candeeiros para iluminação pública, etc.

PROJECTOS, ORÇAMENTOS E EXECUÇÃO DE INSTALAÇÕES E AQUECIMENTO CENTRAL

**Vendas directas ao comércio da especialidade**

Telefones:
Serviços 043 324 a 043 327
Administração 043 156
Secção Aquec. 4 1110 - 45301

Teleg. Fundição — OEIRAS

Correio: Apartado 711
LISBOA — CENTRAL

SECÇÃO DE AQUECIMENTO

Av. António Augusto de Aguiar, 7-A

Telefone 4 1110



# O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

**permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos**

**Estude a vantagem do emprego do**

# CIMENTO BRANCO LUSO

**Consulte os distribuidores gerais**

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 2 0464 — Lisboa

No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

# EMPRESA ELECTRO CERÂMICA — S. A. R. L.

## Candal — Gaia

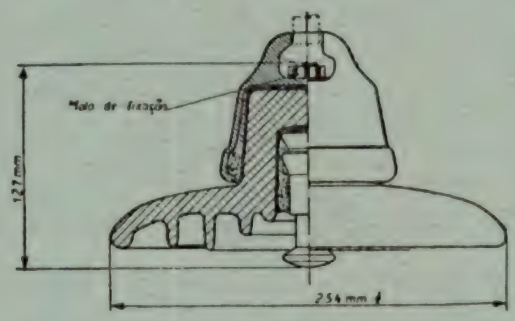
### ISOLADORES DE CADEIA

**Para suspensão**

Tipo ACS 25

Este isolador é igual ao tipo I. B. S. 99 da firma inglesa Taylor Tunnicliff & Co., Ltd., por acordo com a qual o fabricamos

**Peso aproximado:**
**4,3 kg cada elemento**




**Materiais**

Porcelana vidrada em castanho.
Campânulas de ferro fundido maleável, galvanizadas por imersão a quente.
Hastes de aço macio galvanizadas por imersão a quente.
Molas de fixação de bronze fosforoso.

**Sede — Largo Barão de Quintela, 3 — LISBOA**

---

## Sociedade de Pesquisas, Captações de Agua e Transportes, L.da

---

## Companhia União Fabril

**Sede: Rua do Comercio, 49**

**LISBOA**

O MAIOR AGRUPAMENTO INDUSTRIAL DA PENINSULA IBÉRICA

**Fábricas em:**
Alferrarede, Barreiro, Canas de Senhorim, Lisboa, Mirandela, Óbidos, Porto, Soure e Vila Nova de Gaia.

Superfosfatos, Sulfatos de Cobre, Enxofre, Sabões, Acidos, Oleos industriais e alimentares, Azeites, Torteame, Sacarias, Grossarias, Fios, Carpetes e Mangueiras.

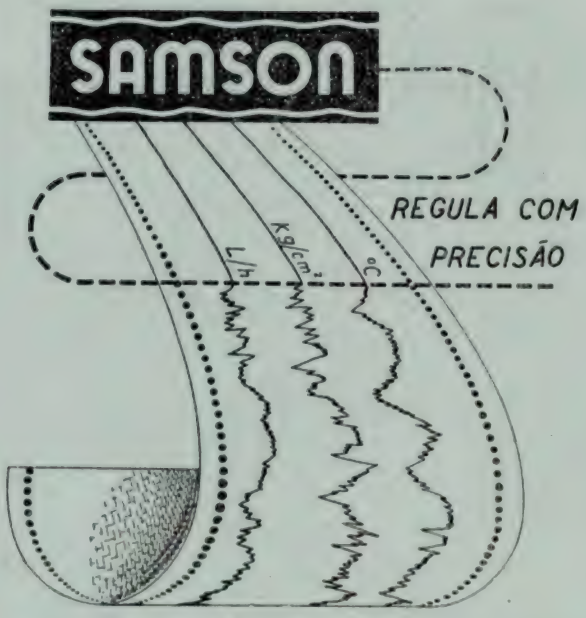
**Oficinas de:**
**Construções metalicas, Mecânica geral de Automoveis e Engrenagens**

**Fundição de:**
AÇO, FERRO E OUTROS METAIS

**Construção Naval**

(Arrendataria do estaleiro naval da A. G. P. L.)

**Metalurgia de Ouro e Prata — Refinação electrolitica**




**TEMPERATURA, PRESSÃO E DÉBITOS**
PARA VAPOR, ÁGUA, AR, ÓLEO E OUTROS FLUIDOS

**BOUHON & IRMÃO, LTD.**

EM LISBOA: Av. Júlio Diniz, 26, r/c Esq.
Telef.: 77 36 03, 77 86 85
NO PORTO: Rua Antero do Quental, 615
Telef. 4 0118 — 4 0119

# MATERIAL ELÉCTRICO

**para instalações de alta e baixa tensão**

•

ESPECIALIDADES **GARDY:**

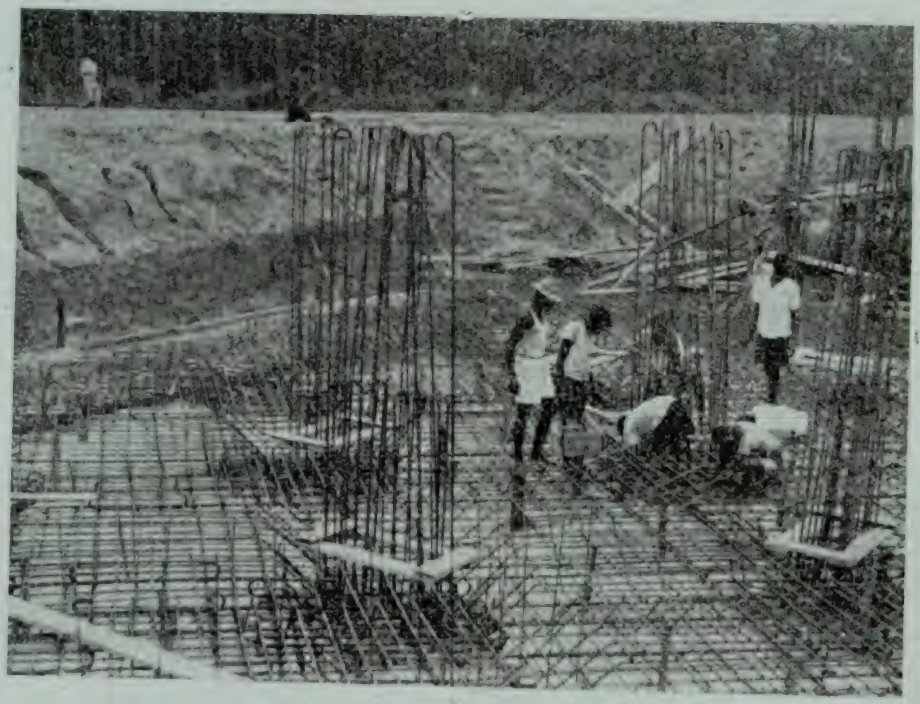
Corta-circuitos e cartuchos de alto poder de corte
Disjuntores para força motriz e iluminação
Disjuntores de calibres variáveis
Disjuntores MINIHUILLE, até 35 kV
Dispositivos de corte em carga para seccionadores, etc.

**REPRESENTANTE:**

ANTÓNIO BARÓ

**Rua da Assunção, 99-2.º-Dt.º**

**LISBOA**



5 SILOS NO PLANALTO DE BENGUELA
Capacidade total 14.000.000 kg de milho. Aspecto da armadura da laje de ensoleiramento geral, em Nova Lisboa

**Construções Técnicas, L.da**

Praça do Município, 13, 3.º
LISBOA
Telefone 2 2344

**FUNDAÇÕES**
**BETÃO ARMADO**
**OBRAS PÚBLICAS**

# ESCAVADORAS LINK-BELT SPEEDER

— **Modelos** desde 1/2 a 2 1/2 jardas cúbicas de capacidade.

— **Equipamentos frontais:** «dragline»; balde de garras; guindaste; bate-estacas; valadora e colher escavadora frontal.

— **Comandos hidráulicos** Speed-o-Matic, patente da Link-Belt Speeder.

— **Montagens possíveis:**

LAGARTAS

CHASSIS SOBRE PNEUS

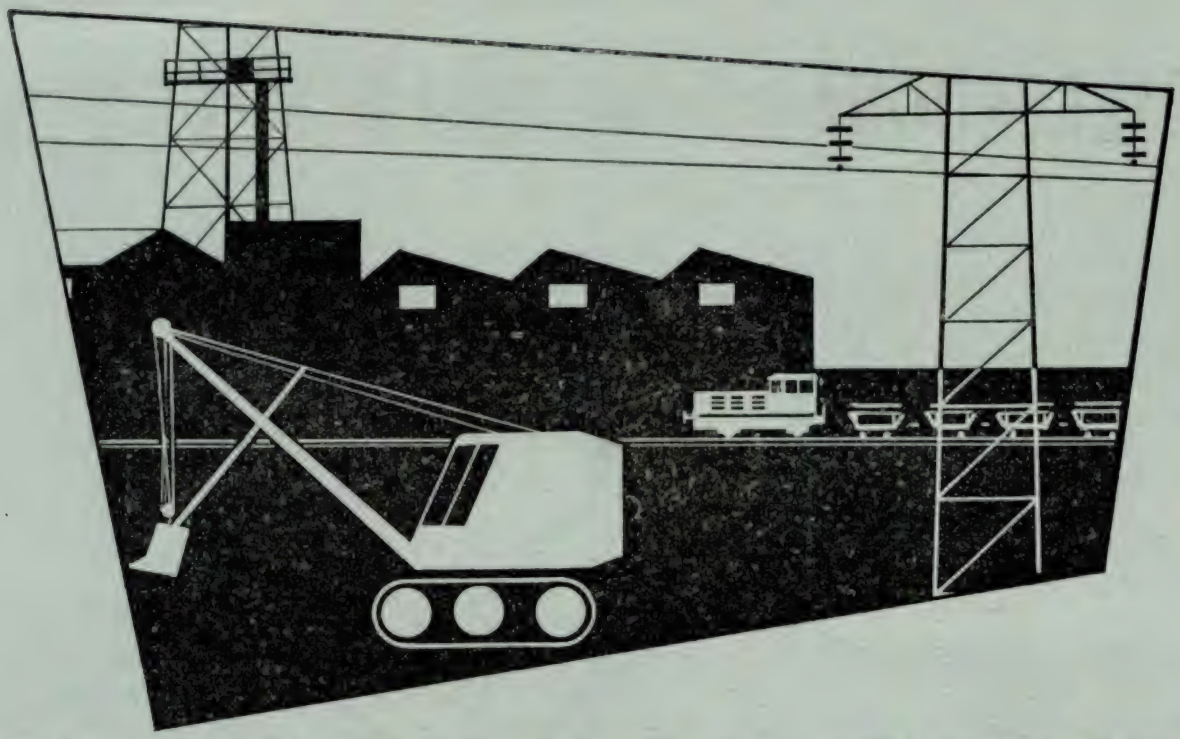
CAMIONS

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS
PARA A METRÓPOLE E ULTRAMAR

ESTABELECIMENTOS HEROLD, L.DA

RUA DOS DOURADORES, 7

LISBOA



# MERCEDES-BENZ

## MOTORES INDUSTRIAIS DIESEL

MOTORES PARA TODAS AS APLICAÇÕES INDUSTRIAIS
FAMOSOS EM TODO O MUNDO PELA SUA GRANDE ROBUSTÊS, ECONOMIA
DE CONSUMO E FACILIDADE DE MANUTENÇÃO
MODELOS DESDE 15 A 2.500 H. P.

**EM ARMAZÉM:**

| | |
|---|---|
| MODELO M B 841 B ..... | 25 H. P. — 1.000 R. P. M. |
| MODELO M 202 B ..... | 55 H. P. — 1.200 R. P. M. |
| MODELO M 203 B ..... | 90 H. P. — 1.200 R. P. M. |
| MODELO M 204 B ..... | 120 H. P. — 1.200 R. P. M. |

OUTROS MODELOS PARA ENTREGA MUITO RÁPIDA

MOTORES A 4 TEMPOS - ARREFECIMENTO POR ÁGUA
ARRANQUE A AR COMPRIMIDO OU ELÉCTRICO

REPRESENTANTES C. SANTOS LDA. — DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA

29, AV. DA LIBERDADE, 41 — LISBOA
160, R. DE S.TA CATARINA, 168 — PORTO

# Standard Electrica

ASSOCIADA

DA

"INTERNATIONAL TELEPHONE & TELEGRAPH CORPORATION"

## PROJECTOS — FORNECIMENTOS — INSTALAÇÕES

— Material de radiocomunicações para todas as aplicações em média, alta, muito alta e ultra-alta frequência;

— Equipamentos de radiodifusão e televisão e respectivo material de estúdio e acessórios;

— Sistemas de antenas para aplicações gerais e especiais para radiocomunicações, radiodifusão e televisão;

— Instalações de comutação telefónica, manuais e automáticas, de todos os sistemas e capacidades. Sistemas de comunicações por fios em altas frequências;

— Materiais de transmissão telegráfica automática, por fios e por rádio;

— Sistemas de sinalização e de comando, automáticos e manuais, intercomunicadores, amplificadores e aparelhagem acessória;

— Cabos e acessórios de todos os tipos, para energia, comunicações e altas frequências;

— Rectificadores de selénio de tipos especiais e gerais para todas as aplicações.

Serviços Técnicos, Comerciais e Fábrica

NA AVENIDA DA INDIA — **LISBOA**

TEL. 63 81 71/6

# PÁ CARREGADORA FRONTAL

**De comandos hidráulicos**

(Capacidade da pá=
1 ou 2 jardas cúbicas)

**VENDER**

# COM ESCARIFICADOR TRASEIRO

**Também comandado hidràulicamente**

## PARA EQUIPAR TRACTORES "VENDER"

Modelos **"BULLY"** e **"CHAMPION"**,
respectivamente de 53,5 e 90 HP.

Queiram pedir informes sobre estas máquinas, bem assim toda a restante aparelhagem de movimentação de terras própria para os referidos tractores, aos

**AGENTES EXCLUSIVOS PARA**
**PORTUGAL, ANGOLA E MOÇAMBIQUE**

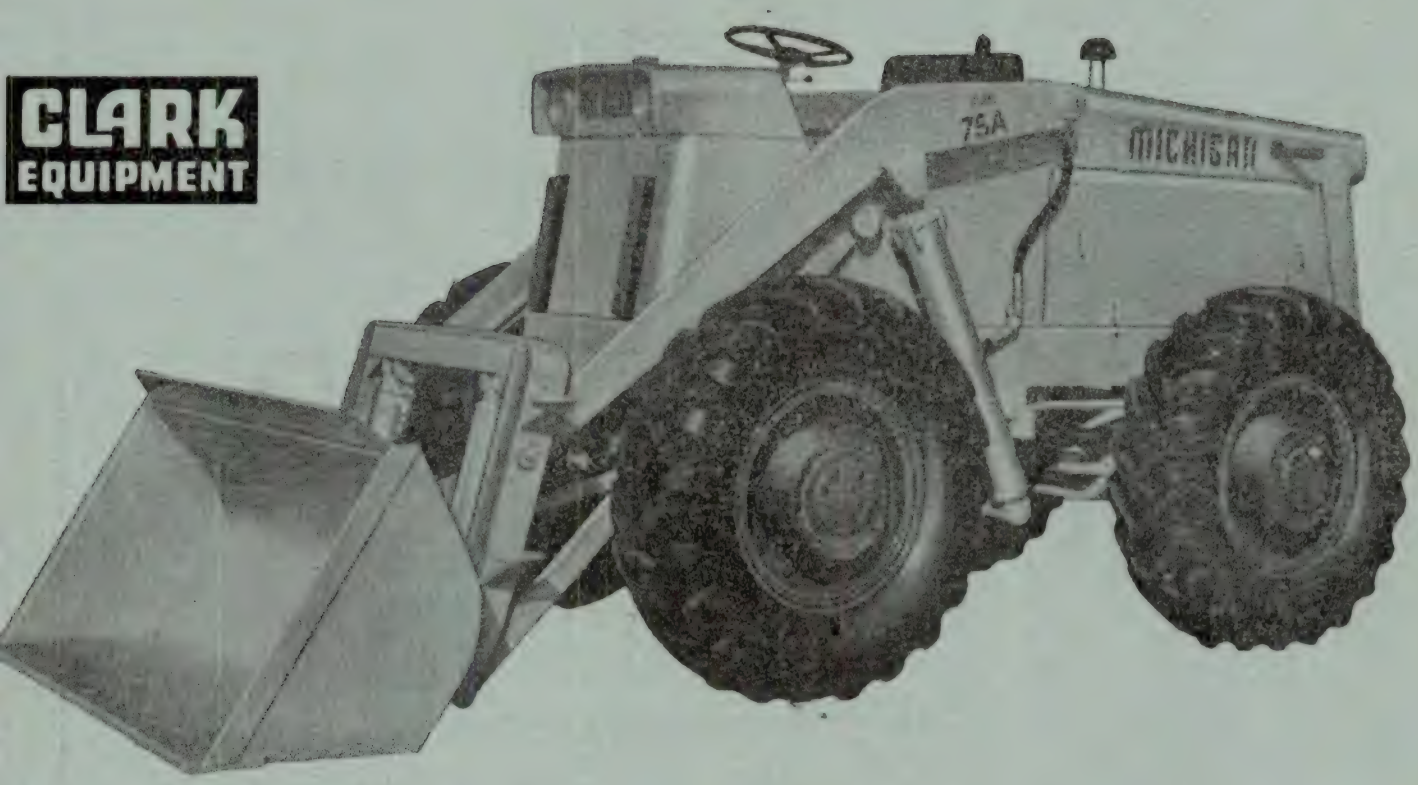
## MONTEIRO GOMES, LIMITADA

**RUA CASCAIS, 47 (Alcântara) — LISBOA**
**Telef. 63 70 83/4/5**

Sucursais e Agências em BEJA, PORTO, VILA FRANCA DE XIRA, ÉVORA, SANTARÉM, CASTELO BRANCO, LUANDA e LOURENÇO MARQUES

# *tracto-carregador*

# CLARK
MICHIGAN
U.S.A.




**Mais «EXTRAS» são «STANDARD» no MICHIGAN do que em qualquer outro tracto-carregador.**

- DOIS FARÓIS DIANTEIROS PLENOS DE LUZ
- MUDANÇAS DE TRANSMISSÃO SEMI-AUTOMÁTICAS
- CONVERSOR DE BINÁRIO — NÃO TEM EMBRAIAGEM
- MOVIMENTO DE BALDE INDEPENDENTE DA LANÇA
- CONTA HORAS DO MOTOR
- FILTROS DE ÓLEO PARA O MOTOR E CONVERSOR
- DOIS FARÓIS TRASEIROS
- DIRECÇÃO COM AJUDA HIDRÁULICA
- DESMULTIPLICAÇÃO NOS CUBOS DAS RODAS
- INDICADOR DA POSIÇÃO DO BALDE

Motor Diesel 80 CV. — Duas velocidades de trabalho e duas de marcha, quer para a frente quer para trás — direcção às rodas traseiras — todas as rodas motoras — pneus 14 : 00 × 24 tipo terraplanagem — balde de 1 jarda cúbica, etc., etc.
Tudo isto torna o Michigan no campião de todos os tracto-carregadores de rodas ou de lagartas.

DISTRIBUIDORES EXCLUSIVOS:

## BLACKWOOD HODGE

AV. ALMIRANTE REIS, 247 — LISBOA

Telef. 72 59 48 - 72 59 84

# Fábrica Portugal

S. A. R. L.

LISBOA

# MOBILIÁRIO METÁLICO

**EM TODOS OS GÉNEROS**

**Instalações completas para :**

Mobiliário moderno
para

ESCRITÓRIOS
ESCOLAS
BIBLIOTECAS

CLÍNICAS
HOSPITAIS
SANATÓRIOS
CINEMAS
HOTÉIS
ESPLANADAS

---

## SALAS DE EXPOSIÇÕES :

Rua Febo Moniz, 2 a 20 — Praça dos Restauradores, 49 a 57
Avenidas da República e Elias Garcia — Rua da Graça, 82 e 84

# LEACOCK (LISBOA), L.DA

AV. 24 DE JULHO, 16 — LISBOA

R. JOSÉ FALCÃO, 185 — PORTO

## SECÇÃO DE MÁQUINAS E ELECTRICIDADE

**REPRESENTANTES DE:**

**THE RAWLPLUG COMPANY, LTD.**
Material de fixação para construção civil e mecânica.

**HOOVER, LTD.**
Motores eléctricos desde 1/8 até 3/4 H. P., Monofásicos e Trifásicos.

**VERITYS, LTD.**
Motores eléctricos desde 1 até 125 H. P

**J. A. CRABTREE & CO. LTD.**
Material para instalações de luz: interruptores, fichas, tomadas, etc.
Material para instalações de força: arrancadores, disjuntores, caixas, etc.

**TRANSFORMERS & WELDERS, LTD.**
Transformadores de todos os tipos até à potência de 3000 K. V. A. e até à tensão de 33000 Volts.

**BARTON CONDUITS, LTD.**
Tubo de aço para instalações eléctricas.

**EDWARD MAC BEAN & CO. LTD.**
Tubo, fita e pano de tela envernizada.

**MEASURING INSTRUMENTS (PULLIN), LTD.**
Amperímetros, Voltímetros, Frequencímetros, Wattímetros de todos os tipos e escalas.

**F. PERKINS, LTD.**
Motores Diesel marítimos.

**THE AUTOMATIC COIL WINDER AND ELECTRICAL EQUIPMENT CO, LTD.**
Osciladores, capacímetros, texts universais, texts electrónicos, analisadores de válvulas, luxímetros, expositores para fotografias.
Máquinas para bobinar e enfitar.

**GEORGE KENT**
Contadores de água, de vapor e de óleo.
Tubos Venturi
Determinadores e controladores do pH, do $CO_2$ e pirómetros pelo processo potenciométrico.
Combustiómetros, manómetros, registadores de distâncias, medidores-registadores de caudais, medidores de orifícios em condutas para gases.

**THORN ELECTRICAL INDUSTRIES, LTD.**
Luz fluorescente e rádios.

**ELECTRIC PANELS, LTD.**
Aquecimento eléctrico

# UTILIZE
# 88 ANOS
## DE EXPERIÊNCIA

Este homem representa uma companhia que serve a indústria desde 1866... que forneceu os primeiros lubrificantes para muitas das maravilhosas máquinas dos nossos dias.

Este homem é apoiado por produtos com maior tempo de prestação de serviço do que quaisquer outros lubrificantes... por competentes engenheiros da especialidade... pelos laboratórios melhor organizados... pela assistência dos grandes construtores de máquinas... enfim, **pelo maior** serviço de lubrificação do mundo!

Acreditamos que um homem com tal apoio pode ajudar V. Ex.ª a aumentar a eficiência das suas máquinas — a tornar mais proveitosa a sua laboração. Por que não o consulta?

Mobil

*Lubrificantes*
**Mobil**

2616

MOBIL OIL PORTUGUESA

# TÉCNICA

DIRECTOR: JOSÉ DO SACRAMENTO COSTA ADMINISTRADOR: JORGE DO NASCIMENTO VALÉRIO
SECRETÁRIO — CARLOS MANUEL DE MEDEIROS PORTELA
CORPO REDACTORIAL — EDUARDO DE ARANTES E OLIVEIRA, FERNANDO TIAGO SANCHES, JOÃO CARLOS DA MAIA NOGUEIRA E RUI DO CARMO MOURA

Ano XXXI - N.º 264 Julho de 1956

C. D. U. 628.22

# CÁLCULO DOS COLECTORES DE ESGOTO DE SECÇÃO DE VALETA ABOBADADA

## PUBLICAÇÃO PÓSTUMA

PELO ENG.º CIVIL (I. S. T.) JOSÉ GOMES ALVAREZ

*O presente artigo tem como base os apontamentos deixados pelo autor, no seu gabinete no Laboratório Nacional de Engenharia Civil, sendo sua intenção publicá-los na Revista «Técnica».*

*Este artigo constitui uma sequência de outros dois já publicados sobre colectores circulares e ovóides, cuja estruturação se procurou seguir ao elaborar a presente publicação.*

*Com efeito só se encontraram as breves linhas de introdução, os quadros e as figuras.*

*Possa esta publicação constituir uma homenagem à memória de quem, como poucos, soube dignificar a profissão de Engenheiro.*

Nos números 104, de Julho de 1939 e Março de 1941 desta revista, foram publicadas tabelas para o cálculo de colectores de esgoto de secção circular e ovóide, tendo-se-lhes dado prioridade na divulgação por serem as mais utilizadas na constituição das redes, não obstante a construção dos ovóides não ser tão fácil e económica como poderá parecer à primeira vista ou pelo menos mais difícil do que a correspondente aos colectores a que estas tabelas se referem.

Coube agora a vez à secção que se denominou como de «Colectores com soleira em valeta, abobadada, também conhecidos por pentagonais com cobertura em abóbada ou por colectores de tipo capacete», designações estas que se afiguram menos apropriadas ou prestando-se a confusões com outras que correspondem a colectores de configuração algo diversa.

Tal como acontece com os colectores da secção ovóide, aqueles a que as futuras tabelas se referem oferecem interessantes características de adaptabilidade às diversas condições de alimentação, através do tempo, das redes do sistema unitário nas quais as proporções entre os caudais atingem cifras extraordinàriamente elevadas.

De facto, para tais redes, onde as proporções entre os caudais mínimo e máximo chegam a atingir valores de 1/100 e 1/150, não basta projectar colectores suficientemente amplos para comportarem as águas provenientes das chuvas mais intensas caídas na bacia drenada. Há que atender também ao modo como se fará o escoamento quando o caudal se reduzir apenas ao das águas sujas.

Tratando-se de redes de pequena importância, como tal consideradas quer pela sua reduzida extensão quer pela deminuta área saneada, ou quando fôr possível estabelecer descarregadores de tempestade, ainda se poderão empregar colectores de secção circular. Noutros casos porém, é necessário recorrer a secções mais adequadas tanto no ponto de vista da melhor adaptabilidade

às características do regime de funcionamento através das diferentes épocas do ano, como no da possibilidade de serem visitáveis.

De entre as secções adoptadas para este fim, como sejam as ovóides, as ovais, as triangulares, as pentagonais, etc., as mais vulgarizadas são sem dúvida, a ovóide, e a de valeta abobadada.

As tabelas que constituem o motivo principal deste artigo, destinam-se ao cálculo dos colectores de valeta abobadada, com $d = h$ sendo $d$ o diâmetro da abóbada de cobertura e $h$ a altura total [1].

**Fórmula utilizada**

Os valores das velocidades e caudais que, para cada secção e declive, figuram nas tabelas são os que correspondem ao regime de funcionamento dos colectores completamente cheios mas sem carga, e foram calculados pelas expressões:

$$\begin{cases} V = \dfrac{100 \,.\, R \,.\, \sqrt{i}}{b + \sqrt{R}} \\ Q = \omega \,.\, V \end{cases}$$

a primeira das quais é a fórmula abreviada de Ganguillet e Kütter, e embora já se lhe tenha feito referência quando se publicaram as tabelas relativas ao cálculo dos colectores de esgoto de secção circular, convém talvez recordar que:

V — representa a velocidade média de escoamento,
Q — o caudal,
$i$ — o declive do canal no trainel considerado,
$\omega$ — a secção de vazão,
$\chi$ — o perímetro molhado,
$R = \frac{\omega}{\chi}$ o raio médio hidráulico,
$b$ — um coeficiente dependente da natureza da superfície molhada e da forma do canal.

Escolhida uma secção e dado o declive $i$, por simples substituição de valores nas expressões anteriormente apontadas se obtém V e Q. Foi este o processo seguido na organização das tabelas.

No que se refere ao valor que se deverá adoptar para o coeficiente $b$, e limitando o problema apenas aos colectores de esgoto, vem a propósito dizer que as opiniões não são concordantes.

Assim, há autores de projectos que, abstraindo da rugosidade das superfícies internas molhadas dos colectores, e considerando sòmente a variação da composição das águas transportadas com a estação do ano, tomam $b = 0{,}35$ para a determinação das condições de vazão das águas residuais, mas reduzem este coeficiente a 0,25 quando tratam do escoamento dos caudais resultantes das precipitações atmosféricas, justificando o seu ponto de vista com o aumento do grau de diluíção das águas que então correm pelos colectores.

Outros porém, assentando num critério inicial oposto, propõem que se adopte $b = 0{,}25$ para todos os casos em que se empreguem colectores de grés, reservando o valor de $b = 0{,}35$ para os colectores construídos com alvenaria ou com betão e cujas superfícies internas tenham sido convenientemente rebocadas.

Por último, há quem julgue preferível que, para esgotos e qualquer que seja o material utilizado na construção dos colectores, se adopte sempre $b = 0{,}35$ porque, na maioria dos casos, se constata que, após algum tempo de funcionamento, todas as superfícies internas se revestem de incrustações, que também abrangem as zonas superiores das paredes que só de quando em quando são atingidas pelas águas de origem meteórica, e que, no ponto de vista de rugosidade e, portanto, da resistência que opõem à passagem do líquido, tornam semelhantes todas as superfícies, qualquer que seja a sua natureza.

Evidentemente que, se se tivesse em conta o efeito desagregante que as alternativas de secura e unidade provocam nas superfícies temporàriamente molhadas dos colectores das redes do sistema unitário, ser-se-ia conduzido a considerar um maior coeficiente de rugosidade.

As expressões gerais das velocidades e caudais que, em função do declive $i$, serviram para organização das tabelas, e que se encontram indicadas no quadro resumo das características das diferentes secções ovóides consideradas, foram calculadas com $b = 0{,}35$.

No entanto, o cálculo também poderá ser feito com $b = 0{,}25$, para o que bastará multiplicar os valores da velocidade e do caudal relativos à secção e declive considerados e indicados nas

[1] Este tipo também é conhecido pela designação de pentagonal com abóbada.

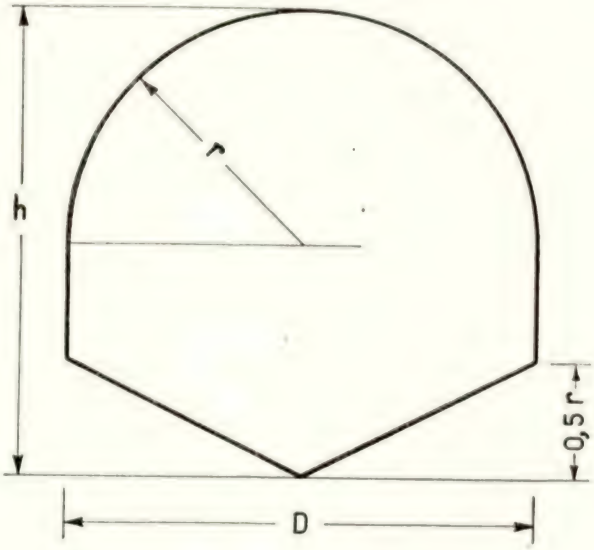
tabelas, pelos coeficientes de conversão $\beta$ que se encontram na última coluna do quadro I e que, para comodidade de consulta, se repetem na parte inferior de cada tabela.

**Caracteristicas principais dos colectores ovóides normais 2/3**

São as seguintes as características principais destes colectores, expressas em função do raio da abóbada de cobertura:

| | |
|---|---|
| Altura total ... ... ... ... ... ... ... ... | h = 2 r |
| Diâmetro da abóbada principal ... ... | d = 2 r |
| Altura da caleira ... ... ... ... ... ... | 0,5 r |
| Secção total ... ... ... ... ... ... ... ... | 3,068 $r^2$ |
| Perímetro... ... ... ... ... ... ... ... ... | 6,378 r |
| Raio médio hidráulico da secção total | 0,48 r |

No quadro I encontram-se os valores destes elementos, bem como as expressões das velocidades, caudais e coeficientes de conversão $\beta$ para diferentes secções desde $0^m,40 \times 0^m,40$ até $2^m,00 \times 2^m,00$.




QUADRO I

| Colectores | Altura | Diâmetro da abóbada | Altura da caleira | Secção total | Perímetro | Raio médio hidráulico da secção total | Valores determinados com b = 0,35 | | Valores determinados com b = 0,25 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | Velocidade $V_h$ | Caudal $Q_h$ | Multiplicar $V_h$ e $Q_h$ pelos coeficientes de conversão $\beta$ |
| | m | m | m | $m^2$ | m | m | m/seg | $m^3$/seg. | |
| 0,40 × 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,100 | 0,122840 | 1,276 | 0,096 | $14,545 \cdot \sqrt{i}$ | $0,12284 \cdot V$ | 1,179 |
| 0,50 × 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,125 | 0,191938 | 1,595 | 0,121 | $17,335 \cdot \sqrt{i}$ | $0,19194 \cdot V$ | 1,167 |
| 0,60 × 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,150 | 0,276390 | 1,913 | 0,145 | $19,836 \cdot \sqrt{i}$ | $0,27639 \cdot V$ | 1,158 |
| 0,70 × 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,175 | 0,376198 | 2,232 | 0,169 | $22,208 \cdot \sqrt{i}$ | $0,37620 \cdot V$ | 1,151 |
| 0,80 × 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,200 | 0,491360 | 2,551 | 0,193 | $24,430 \cdot \sqrt{i}$ | $0,49136 \cdot V$ | 1,145 |
| 0,90 × 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,225 | 0,621878 | 2,870 | 0,217 | $26,593 \cdot \sqrt{i}$ | $0,62188 \cdot V$ | 1,140 |
| 1,00 × 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,250 | 0,767750 | 3,189 | 0,241 | $28,656 \cdot \sqrt{i}$ | $0,76775 \cdot V$ | 1,135 |
| 1,10 × 1,10 | 1,10 | 1,10 | 0,275 | 0,928978 | 3,508 | 0,265 | $30,636 \cdot \sqrt{i}$ | $0,92898 \cdot V$ | 1,131 |
| 1,20 × 1,20 | 1,20 | 1,20 | 0,300 | 1,105560 | 3,827 | 0,289 | $32,545 \cdot \sqrt{i}$ | $1,10556 \cdot V$ | 1,127 |
| 1,30 × 1,30 | 1,30 | 1,30 | 0,325 | 1,297498 | 4,146 | 0,313 | $34,396 \cdot \sqrt{i}$ | $1,29750 \cdot V$ | 1,123 |
| 1,40 × 1,40 | 1,40 | 1,40 | 0,350 | 1,504790 | 4,465 | 0,337 | $36,188 \cdot \sqrt{i}$ | $1,50479 \cdot V$ | 1,120 |
| 1,50 × 1,50 | 1,50 | 1,50 | 0,375 | 1,727438 | 4,784 | 0 362 | $38,025 \cdot \sqrt{i}$ | $1,72744 \cdot V$ | 1,117 |
| 1,60 × 1,60 | 1,60 | 1,60 | 0,400 | 1,965440 | 5,102 | 0,386 | $39,712 \cdot \sqrt{i}$ | $1,96544 \cdot V$ | 1,115 |
| 1,70 × 1,70 | 1,70 | 1,70 | 0,425 | 2,218798 | 5,421 | 0,410 | $41,414 \cdot \sqrt{i}$ | $2,21880 \cdot V$ | 1,112 |
| 1,80 × 1,80 | 1,80 | 1,80 | 0,450 | 2,487510 | 5,740 | 0,434 | $43,013 \cdot \sqrt{i}$ | $2,48751 \cdot V$ | 1,110 |
| 1,90 × 1,90 | 1,90 | 1,90 | 0,475 | 2,771578 | 6,059 | 0,458 | $44,596 \cdot \sqrt{i}$ | $2,77158 \cdot V$ | 1,108 |
| 2,00 × 2,00 | 2,00 | 2,00 | 0,500 | 3,071000 | 6,378 | 0,482 | $46,169 \cdot \sqrt{i}$ | $3,07100 \cdot V$ | 1,106 |

0,767755 R = 0,240 H

P = 0,3196 H

**Método do cálculo**

O problema não fica porém resolvido pela simples escolha nas tabelas dum colector cujas dimensões permitam transportar com o declive disponível e completamente cheio, um volume de água igual ou superior ao máximo desejado. A solução completa exige a determinação da velocidade média de escoamento e da altura da lâmina líquida, tanto para esse caudal máximo como para o de estiagem.

O cálculo desses valores torna-se porém muito fácil com o emprego do quadro III, ou dos ábacos que dele derivam.

Como o princípio sobre que se funda este método de cálculo é o mesmo que se descreveu quando se tratou dos colectores circulares [1], é desnecessário repeti-lo pelo que se passa imediatamente a indicar o modo de proceder:

Dados o caudal $Q_x$ que se pretende escoar e o declive $i$ do trainel onde o colector deverá ser assente, procura-se nas tabelas, e para esse declive, uma secção cujo caudal seja ligeiramente superior ao valor dado.

Anotados os valores desse caudal $Q_h$ e da velocidade $V_h$ que lhe corresponde, calcula-se o cociente $\frac{Q_x}{Q_h} = x$.

Depois, se se desejar utilizar a fórmula abreviada de Ganguillet e Kütter com o coeficiente $b = 0{,}35$, entra-se com $x$ na oitava coluna do quadro III, e lê-se na mesma linha, mas na primeira coluna, qual o coeficiente $z$ pelo qual se deverá multiplicar a altura $h$ do colector escolhido para se obter aquela que o liquido atingirá; a sétima coluna fornecerá o coeficiente $y$, cujo produto pela Velocidade $V_h$ dará o valor da velocidade média de escoamento relativa ao caudal proposto.

Em resumo:

$$\begin{cases} V_x = V_h \,.\, y \\ h_x = h \,.\, z \end{cases}$$

Querendo empregar a fórmula citada com $b = 0{,}25$, deverá multiplicar-se em primeiro lugar o caudal $Q_h$ e a velocidade $V_h$, dados pelas tabelas, pelo coeficiente de conversão $\beta$ relativo à secção ensaiada, após o que se calculará o cociente

$$x' = \frac{Q_x}{Q'_h} = \frac{Q_x}{Q_h \,.\, \beta}$$

[1] Ver a «Técnica» n.º 104, de Julho de 1939.

Feito isto, entra-se com $x'$ na décima segunda coluna do quadro III, lendo-se na décima primeira o coeficiente $y'$ que, multiplicado por $V'_h = V_h \,.\, \beta$, fornecerá a velocidade procurada. Como no caso anterior, a fracção da altura do colector ocupada pela lâmina líquida continua a ser dada pela primeira coluna do referido quadro.

Resumindo:

$$\begin{cases} V'_x = y' \,.\, V_h \,.\, \beta \\ h' = z' \,.\, h \end{cases}$$

Como em geral não figuram nas colunas de entrada do quadro III valores exactamente iguais aos dos cocientes $\frac{Q_x}{Q'_h}$ e $\frac{Q_x}{Q_h \,.\, \beta}$, a resolução do problema pelo processo indicado torna-se incómoda pelas interpolações que exige, mas esse trabalho desaparecerá se se recorrer ao uso dos ábacos que acompanham estas tabelas, e que não são mais que a tradução gráfica dos coeficientes constantes do quadro em questão.

Antes porém de se descrever a forma de utilizar esses ábacos, convém notar que, em rigor, tanto eles como os valores de que derivam, apenas deveriam ser aplicados para o caso de um colector $1^m{,}00 \times 1^m{,}00$, porque sòmente para ele foram calculados.

No entanto, como são pequenas as diferenças existentes entre os coeficientes que se indicam no quadro III e aqueles que, rigorosamente, correspondem aos restantes colectores do mesmo tipo mas de outras dimensões, pode fazer-se a sua generalização, aplicando-os para o cálculo das outras secções, sem que se cometa um erro apreciável. São de muito maior grandeza os erros que inevitàvelmente se praticam na avaliação dos caudais recolhidos nas bacias drenadas [1].

Por isto, vejamos como se utilizam os ábacos, o primeiro dos quais foi calculado com $b = 0{,}35$, e o segundo com $b = 0{,}25$. O terceiro, que é uma ampliação em escalas diferentes da parte inferior do primeiro, deverá ser empregado sempre que se trate de verificar as condições de escoamento de pequenos caudais, como sejam os das águas sujas domésticas, através de colectores de grandes dimensões.

[1] Igualmente se faz notar que é quase indiferente utilizar os coeficientes $x$ e $x'$, $y$ e $y'$ do quadro III, calculados com $b = 0{,}35$ e com $b = 0{,}25$.

Tal como na resolução analítica do problema, dois casos podem ser encarados: ou se faz o cálculo com $b = 0{,}35$, ou com $b = 0{,}25$.

No primeiro caso, dado $Q_x$, escolhida uma secção e conhecidos portanto $Q_h$ e $V_h$, calcula-se $\frac{Q_x}{Q_h} = x$ e, entrando com este valor em abcissas no primeiro ábaco, determina-se sobre a curva dos caudais um ponto cuja ordenada $z$, substituída na expressão $h_x = h \cdot z$, dará a altura da lâmina líquida.

O valor de $y$ necessário para o cálculo da velocidade pela expressão $V_x = y \cdot V_h$, não é mais do que a abcissa do ponto da curva das velocidades que tem a mesma ordenada $z$.

Para o segundo caso utilizar-se-á o segundo ábaco cujo funcionamento é exactamente igual ao do anterior, devendo contudo atender-se ao facto de que o valor de entrada é $x' = \frac{Q_x}{Q_h \cdot \beta}$, e que a velocidade média de escoamento será dada por $V'_x = v' \cdot V_h \cdot \beta$. Calcular-se-á a altura da lâmina líquida pela expressão $h_x = z' \cdot h$.

O que se acaba de expor, está indicado sob a forma de esquema junto de cada um dos respectivos ábacos.

O terceiro ábaco funciona por forma idêntica à do primeiro, sendo também as mesmas as expressões a utilizar nos cálculos.

**Velocidades e caudais máximos**

O valor máximo da velocidade média de escoamento neste tipo de colectores corresponde a uma altura do líquido igual a $2{,}26 \cdot r$, sendo $r$ a semi-abertura da abóbada superior. Produz-se o caudal máximo quando a lâmina líquida atinge uma altura de $2{,}86 \cdot r$.

Como é óbvio, não deverá contar-se em caso algum com a capacidade máxima de transporte dos colectores porque um tal regime de funcionamento corresponde a um estado de equilíbrio crítico que, rompendo-se, pode pô-los em carga.

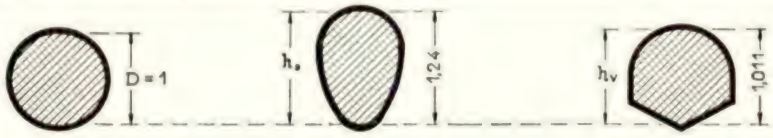
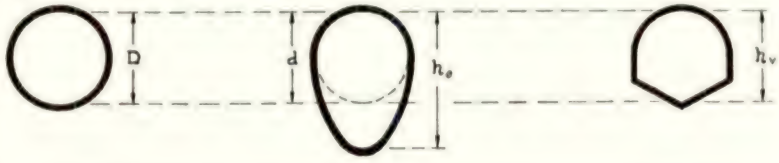
Quanto aos valores limites que convém observar para as velocidades, faz-se notar apenas que, em geral, não devem ser inferiores a 0,60 m seg nem superiores a 5 m/seg. É possível que estes limites venham em breve a ser fixados por um regulamento oficial de saneamento.

* * *

Uma vez que já se tratou dos colectores circulares e dos ovóides e agora dos de valetas abobadadas, parece oportuno estabelecer uma comparação entre eles que permita avaliar das vantagens de uns e de outros, não no ponto de vista do custo da sua construção, mas sob o aspecto hidráulico.

Os elementos fornecidos pelo quadro II, permitem uma fácil comparação.

QUADRO II

| Colector circular $V_c$ , $Q_c$ | Colector ovóide $\frac{2}{3}$ $V_o$ , $Q_o$ | Colector de valeta abobadada $V_v$ , $Q_v$ | Resultados comparativos para D = 1,00 m |
|---|---|---|---|
| | | | $V_c = 1{,}202 \cdot V_o = 1{,}026 \cdot V_v$<br>$Q_c = 1{,}849 \cdot Q_o = 1{,}050 \cdot Q_v$ |
|   | | | $V_c = 1{,}028 \cdot V_o = 1{,}018 \cdot V_v$<br>$Q_c = 1{,}028 \cdot Q_o = 1{,}018 \cdot Q_v$ |
|   | | | $V_c = 0{,}900 \cdot V_o = 1{,}026 \cdot V_v$<br>$Q_c = 0{,}615 \cdot Q_o = 1{,}050 \cdot Q_v$ |

$V = 14{,}545 \cdot \sqrt{i}$ m/seg.

$Q = 0{,}12284 \cdot V$ m³/seg.

## 0,40 × 0,40

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,5 | 0,32 | 40,0 | 21 | 2,11 | 258,9 | 51 | 3,28 | 403,5 | 81 | 4,14 | 508,5 |
| 1 | 0,46 | 56,5 | 22 | 2,16 | 265,0 | 52 | 3,32 | 407,4 | 82 | 4,17 | 511,6 |
| 1,5 | 0,56 | 68,8 | 23 | 2,21 | 271,0 | 53 | 3,35 | 411,3 | 83 | 4,19 | 514,7 |
| 2 | 0,65 | 79,9 | 24 | 2,25 | 276,8 | 54 | 3,38 | 415,2 | 84 | 4,22 | 517,8 |
| 2,5 | 0,73 | 89,7 | 25 | 2,30 | 282,5 | 55 | 3,41 | 419,0 | 85 | 4,24 | 520,9 |
| 3 | 0,80 | 98,3 | 26 | 2,34 | 288,1 | 56 | 3,44 | 422,8 | 86 | 4,27 | 524,0 |
| 3,5 | 0,86 | 105,6 | 27 | 2,39 | 293,6 | 57 | 3,47 | 426,6 | 87 | 4,29 | 527,0 |
| 4 | 0,92 | 113,0 | 28 | 2,43 | 299,0 | 58 | 3,50 | 430,3 | 88 | 4,31 | 530,0 |
| 4,5 | 0,97 | 119,2 | 29 | 2,48 | 304,3 | 59 | 3,53 | 434,0 | 89 | 4,34 | 533,0 |
| 5 | 1,03 | 126,5 | 30 | 2,52 | 309,5 | 60 | 3,56 | 437,7 | 90 | 4,36 | 536,0 |
| 5,5 | 1,08 | 132,5 | 31 | 2,56 | 314,6 | 61 | 3,59 | 441,2 | 91 | 4,39 | 539,0 |
| 6 | 1,13 | 138,4 | 32 | 2,60 | 319,6 | 62 | 3,62 | 444,9 | 92 | 4,41 | 541,9 |
| 6,5 | 1,17 | 144,1 | 33 | 2,64 | 324,6 | 63 | 3,65 | 448,5 | 93 | 4,44 | 544,8 |
| 7 | 1,22 | 149,5 | 34 | 2,68 | 329,4 | 64 | 3,68 | 452,0 | 94 | 4,46 | 547,8 |
| 7,5 | 1,26 | 154,7 | 35 | 2,72 | 334,3 | 65 | 3,71 | 455,5 | 95 | 4,48 | 550,7 |
| 8 | 1,30 | 159,7 | 36 | 2,76 | 339,0 | 66 | 3,74 | 459,0 | 96 | 4,51 | 553,6 |
| 8,5 | 1,34 | 164,7 | 37 | 2,80 | 343,7 | 67 | 3,76 | 462,5 | 97 | 4,53 | 556,5 |
| 9 | 1,38 | 169,5 | 38 | 2,84 | 348,3 | 68 | 3,79 | 465,9 | 98 | 4,55 | 559,3 |
| 9,5 | 1,42 | 174,2 | 39 | 2,87 | 352,8 | 69 | 3,82 | 469,3 | 99 | 4,58 | 562,2 |
| 10 | 1,45 | 178,7 | 40 | 2,91 | 357,3 | 70 | 3,85 | 472,5 | 100 | 4,60 | 565,0 |
| 11 | 1,52 | 187,3 | 41 | 2,95 | 361,8 | 71 | 3,88 | 476,1 | | | |
| 12 | 1,59 | 195,7 | 42 | 2,98 | 366,2 | 72 | 3,90 | 479,4 | | | |
| 13 | 1,66 | 203,7 | 43 | 3,02 | 370,5 | 73 | 3,93 | 482,7 | | | |
| 14 | 1,72 | 211,4 | 44 | 3,05 | 374,8 | 74 | 3,96 | 486,0 | | | |
| 15 | 1,78 | 218,8 | 45 | 3,09 | 379,0 | 75 | 3,98 | 489,3 | | | |
| 16 | 1,84 | 226,0 | 46 | 3,12 | 383,2 | 76 | 4,01 | 492,6 | | | |
| 17 | 1,90 | 232,9 | 47 | 3,15 | 387,3 | 77 | 4,04 | 495,8 | | | |
| 18 | 1,95 | 239,7 | 48 | 3,19 | 391,5 | 78 | 4,06 | 499,0 | | | |
| 19 | 2,00 | 246,3 | 49 | 3,22 | 395,5 | 79 | 4,09 | 502,2 | | | |
| 20 | 2,05 | 252,7 | 50 | 3,25 | 399,5 | 80 | 4,11 | 505,4 | | | |

Coeficiente de conversão: $\beta = 1{,}179$

$V = 17{,}335 \cdot \sqrt{i}$ m/seg.

$Q = 0{,}19194 \cdot V$ m³/seg.

**0,50 × 0,50**

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,5 | 0,39 | 74,4 | 21 | 2,51 | 482,5 | 51 | 3,91 | 751 |
| 1 | 0,55 | 105,2 | 22 | 2,57 | 493,5 | 52 | 3,95 | 759 |
| 1,5 | 0,67 | 128,9 | 23 | 2,63 | 504,6 | 53 | 3,99 | 766 |
| 2 | 0,78 | 148,8 | 24 | 2,69 | 515,6 | 54 | 4,03 | 773 |
| 2,5 | 0,87 | 166,4 | 25 | 2,74 | 526,1 | 55 | 4,07 | 780 |
| 3 | 0,95 | 182,2 | 26 | 2,80 | 536,5 | 56 | 4,10 | 787 |
| 3,5 | 1,03 | 196,8 | 27 | 2,85 | 546,7 | 57 | 4,14 | 794 |
| 4 | 1,10 | 210,4 | 28 | 2,90 | 556,8 | 58 | 4,17 | 801 |
| 4,5 | 1,16 | 223,2 | 29 | 2,95 | 566,6 | 59 | 4,21 | 808 |
| 5 | 1,23 | 235,3 | 30 | 3,00 | 576,2 | 60 | 4,25 | 815 |
| 5,5 | 1,29 | 246,8 | 31 | 3,05 | 585,8 | 61 | 4,28 | 822 |
| 6 | 1,34 | 257,7 | 32 | 3,10 | 595,2 | 62 | 4,32 | 828 |
| 6,5 | 1,40 | 268,2 | 33 | 3,15 | 604 | 63 | 4,35 | 835 |
| 7 | 1,45 | 278,4 | 34 | 3,20 | 613 | 64 | 4,39 | 842 |
| 7,5 | 1,50 | 288,1 | 35 | 3,24 | 623 | 65 | 4,42 | 848 |
| 8 | 1,55 | 297,6 | 36 | 3,29 | 631 | 66 | 4,45 | 855 |
| 8,5 | 1,60 | 306,8 | 37 | 3,33 | 640 | 67 | 4,49 | 861 |
| 9 | 1,64 | 315,7 | 38 | 3,38 | 649 | 68 | 4,52 | 868 |
| 9,5 | 1,69 | 324,3 | 39 | 3,42 | 657 | 69 | 4,55 | 874 |
| 10 | 1,73 | 332,7 | 40 | 3,47 | 666 | 70 | 4,59 | 880 |
| 11 | 1,82 | 349,0 | 41 | 3,51 | 674 | 71 | 4,62 | 887 |
| 12 | 1,90 | 364,5 | 42 | 3,55 | 682 | 72 | 4,65 | 893 |
| 13 | 1,98 | 379,4 | 43 | 3,59 | 690 | 73 | 4,68 | 899 |
| 14 | 2,05 | 393,7 | 44 | 3,64 | 698 | 74 | 4,72 | 905 |
| 15 | 2,12 | 407,5 | 45 | 3,68 | 706 | 75 | 4,75 | 911 |
| 16 | 2,19 | 420,9 | 46 | 3,72 | 714 | 76 | 4,78 | 917 |
| 17 | 2,26 | 433,8 | 47 | 3,76 | 721 | 77 | 4,81 | 923 |
| 18 | 2,33 | 446,3 | 48 | 3,80 | 729 | 78 | 4,84 | 929 |
| 19 | 2,39 | 358,6 | 49 | 3,84 | 737 | 79 | 4,87 | 935 |
| 20 | 2,45 | 470,5 | 50 | 3,88 | 744 | 80 | 4,90 | 941 |

Coeficiente de conversão: $\beta = 1{,}167$

$V = 19{,}836 . \sqrt{i}$ m/seg.

$Q = 0{,}27639 . V$ m³/seg.

**0,60 × 0,60**

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,5 | 0,44 | 122,6 | 21 | 2,87 | 794 | 51 | 4,48 | 1238 |
| 1 | 0,63 | 173,4 | 22 | 2,94 | 813 | 52 | 4,52 | 1250 |
| 1,5 | 0,77 | 212,3 | 23 | 3,01 | 831 | 53 | 4,57 | 1262 |
| 2 | 0,89 | 245,2 | 24 | 3,07 | 849 | 54 | 4,61 | 1274 |
| 2,5 | 0,99 | 274,1 | 25 | 3,14 | 867 | 55 | 4,65 | 1286 |
| 3 | 1,09 | 300,2 | 26 | 3,20 | 884 | 56 | 4,69 | 1297 |
| 3,5 | 1,17 | 324,2 | 27 | 3,26 | 901 | 57 | 4,74 | 1309 |
| 4 | 1,25 | 346,9 | 28 | 3,32 | 917 | 58 | 4,78 | 1320 |
| 4,5 | 1,33 | 367,9 | 29 | 3,38 | 934 | 59 | 4,82 | 1332 |
| 5 | 1,40 | 387,8 | 30 | 3,44 | 950 | 60 | 4,86 | 1343 |
| 5,5 | 1,47 | 406,6 | 31 | 3,49 | 965 | | | |
| 6 | 1,54 | 424,5 | 32 | 3,55 | 981 | | | |
| 6,5 | 1,60 | 441,9 | 33 | 3,60 | 996 | | | |
| 7 | 1,66 | 458,8 | 34 | 3,66 | 1011 | | | |
| 7,5 | 1,72 | 474,8 | 35 | 3,71 | 1026 | | | |
| 8 | 1,77 | 490,3 | 36 | 3,76 | 1040 | | | |
| 8,5 | 1,83 | 505,5 | 37 | 3,82 | 1054 | | | |
| 9 | 1,88 | 520,2 | 38 | 3,87 | 1069 | | | |
| 9,5 | 1,93 | 534,3 | 39 | 3,92 | 1083 | | | |
| 10 | 1,98 | 548,2 | 40 | 3,97 | 1096 | | | |
| 11 | 2,08 | 574,9 | 41 | 4,02 | 1110 | | | |
| 12 | 2,17 | 601,0 | 42 | 4,07 | 1124 | | | |
| 13 | 2,26 | 625 | 43 | 4,11 | 1137 | | | |
| 14 | 2,35 | 649 | 44 | 4,16 | 1150 | | | |
| 15 | 2,43 | 671 | 45 | 4,21 | 1163 | | | |
| 16 | 2,51 | 694 | 46 | 4,25 | 1176 | | | |
| 17 | 2,59 | 715 | 47 | 4,30 | 1189 | | | |
| 18 | 2,66 | 736 | 48 | 4,35 | 1201 | | | |
| 19 | 2,73 | 756 | 49 | 4,39 | 1214 | | | |
| 20 | 2,81 | 775 | 50 | 4,44 | 1226 | | | |

Coeficiente de conversão: $\beta = 1{,}158$

APESAR DE MAIS BARATOS, OS NOSSOS PRODUTOS NÃO TEMEM O CONFRONTO EM QUALIDADE COM OS DAS MELHORES MARCAS ESTRANGEIRAS

**MINAS E METALURGIA**
S. A. R. L.

SERVIÇOS COMERCIAIS: RUA VÍTOR CORDON, 19
TELEF. 30715/6/7 • TELEG. COMIN • LISBOA

FÁBRICA: ALBERGARIA-A-NOVA

ARTISTAS REUNIDOS

# RÉGUAS DE CÁLCULO

**FABRICO ALEMÃO**

Numa grande variedade de sistemas em modelos de bolso, escritório e de parede.

As réguas de cálculo **ARISTO** são precisas, resistentes, práticas e duma concepção completamente diferente de todas as outras. Escreva a pedir preços e catálogos aos

**Representantes exclusivos para Portugal:**

EMÍLIO DE AZEVEDO CAMPOS & C.A, L.DA

CASA FUNDADA EM 1854

*Sede:* R. de Santo António, 137 — PORTO

**Telef. 20254/5**

*Filial:* R. Antero de Quental, 17 — LISBOA

**Telef. 53306**

ARISTO

O SEGREDO DO EXCELENTE TRABALHO DE COMPACTAÇÃO REALIZADO PELO:

**VIBRO-APILOADOR WACKER, TIPO BS 50**

reside nas acções combinadas de vibração e apiloamento

✦ Para compactação de valas. ✦ Para trabalhos de pavimentação e reparações em pavimentos de betão e betuminoso. ✦ Rendimento equivalente ao de 25 operários (150 m2/h). ✦ Consumo insignificante (0,4 l/h). ✦ Trabalho não fatigante para o operário.

Vibro-apiloadores e vibradores interiores e exteriores de todos os tipos

em stock na:

DELEGAÇÃO PORTUGUESA

S. I. M. E. T.

SOCIEDADE DE INTERCÂMBIO MERCANTIL E EQUIPAMENTO TÉCNICO, LTD.

Rua Rodrigues Sampaio, 21 - 3.º - porta B — LISBOA

Telef. 58 882 e 50 871 — Teleg. "SIMETEL"

AVANÇO L.DA

11 RUA IVENS 13

TELEF 20334 · LISBOA

# EQUIPAMENTOS para:

- indústria alimentar
- indústria farmacêutica
- indústria metalúrgica
- indústria química

CONSULTE OS NOSSOS SERVIÇOS TÉCNICOS E COMERCIAIS, SEM COMPROMISSO, SEMPRE QUE DESEJE ADQUIRIR EQUIPAMENTO INDUSTRIAL

Sociedade Avanço Limitada

$V = 22{,}208 . \sqrt{i}$ m/seg.

$Q = 0{,}37620 . V$ m³/seg.

**0,70 × 0,70**

| Declives m/mm | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives m/mm | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives m/mm | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,5 | 0,50 | 186,8 | 11 | 2,33 | 876 | 31 | 3,91 | 1471 |
| 1 | 0,70 | 264,2 | 12 | 2,43 | 915 | 32 | 3,97 | 1495 |
| 1,5 | 0,86 | 323,6 | 13 | 2,53 | 953 | 33 | 4,03 | 1518 |
| 2 | 0,99 | 373,6 | 14 | 2,63 | 989 | 34 | 4,09 | 1541 |
| 2,5 | 1,11 | 417,6 | 15 | 2,72 | 1023 | 35 | 4,15 | 1563 |
| 3 | 1,22 | 457,5 | 16 | 2,81 | 1057 | 36 | 4,21 | 1585 |
| 3,5 | 1,31 | 494,3 | 17 | 2,90 | 1089 | 37 | 4,27 | 1607 |
| 4 | 1,40 | 528,6 | 18 | 2,98 | 1121 | 38 | 4,33 | 1629 |
| 4,5 | 1,49 | 560,5 | 19 | 3,06 | 1152 | 39 | 4,39 | 1650 |
| 5 | 1,57 | 590,6 | 20 | 3,14 | 1182 | 40 | 4,44 | 1671 |
| 5,5 | 1,65 | 620 | 21 | 3,22 | 1211 | 41 | 4,50 | 1692 |
| 6 | 1,72 | 647 | 22 | 3,29 | 1239 | 42 | 4,55 | 1712 |
| 6,5 | 1,79 | 673 | 23 | 3,37 | 1267 | 43 | 4,61 | 1732 |
| 7 | 1,86 | 699 | 24 | 3,44 | 1294 | 44 | 4,66 | 1752 |
| 7,5 | 1,92 | 723 | 25 | 3,51 | 1321 | 45 | 4,71 | 1772 |
| 8 | 1,99 | 747 | 26 | 3,58 | 1347 | 46 | 4,76 | 1792 |
| 8,5 | 2,05 | 771 | 27 | 3,65 | 1373 | 47 | 4,81 | 1811 |
| 9 | 2,11 | 793 | 28 | 3,72 | 1398 | 48 | 4,87 | 1830 |
| 9,5 | 2,16 | 815 | 29 | 3,78 | 1423 | 49 | 4,92 | 1849 |
| 10 | 2,22 | 836 | 30 | 3,85 | 1447 | 50 | 4,97 | 1868 |

Coeficiente de conversão: $\beta = 1{,}151$

$V = 24{,}430 \cdot \sqrt{i}$ m/seg.

$Q = 0{,}49136 \cdot V$ m³/seg.

**0,80 × 0,80**

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,5 | 0,55 | 268,4 | 11 | 2,56 | 1259 | 31 | 4,30 | 2113 |
| 1 | 0,77 | 379,6 | 12 | 2,68 | 1315 | 32 | 4,37 | 2147 |
| 1,5 | 0,95 | 464,9 | 13 | 2,79 | 1369 | 33 | 4,44 | 2181 |
| 2 | 1,09 | 537,1 | 14 | 2,89 | 1421 | 34 | 4,50 | 2214 |
| 2,5 | 1,22 | 600 | 15 | 2,99 | 1470 | 35 | 4,57 | 2246 |
| 3 | 1,34 | 657 | 16 | 3,09 | 1518 | 36 | 4,64 | 2278 |
| 3,5 | 1,45 | 710 | 17 | 3,19 | 1565 | 37 | 4,70 | 2309 |
| 4 | 1,55 | 759 | 18 | 3,28 | 1611 | 38 | 4,76 | 2340 |
| 4,5 | 1,64 | 805 | 19 | 3,37 | 1654 | 39 | 4,82 | 2370 |
| 5 | 1,73 | 849 | 20 | 3,45 | 1698 | 40 | 4,89 | 2401 |
| 5,5 | 1,81 | 890 | 21 | 3,54 | 1739 | | | |
| 6 | 1,89 | 930 | 22 | 3,62 | 1780 | | | |
| 6,6 | 1,97 | 968 | 23 | 3,71 | 1821 | | | |
| 7 | 2,04 | 1004 | 24 | 3,78 | 1860 | | | |
| 7,5 | 2,12 | 1040 | 25 | 3,86 | 1898 | | | |
| 8 | 2,19 | 1074 | 26 | 3,94 | 1936 | | | |
| 8,8 | 2,25 | 1107 | 27 | 4,01 | 1972 | | | |
| 9 | 2,32 | 1139 | 28 | 4,09 | 2009 | | | |
| 9,5 | 2,38 | 1170 | 29 | 4,16 | 2044 | | | |
| 10 | 2,44 | 1200 | 30 | 4,23 | 2079 | | | |

Coeficiente de conversão: $\beta = 1{,}145$

$V = 26{,}593 . \sqrt{i}$ m/seg.

$Q = 0{,}62188 . V$ m³/seg.

**0,90 × 0,90**

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,5 | 0,59 | 369,8 | 11 | 2,79 | 1734 | 31 | 4,68 | 2912 |
| 1 | 0,84 | 607 | 12 | 2,91 | 1812 | 32 | 4,76 | 2958 |
| 1,5 | 1,03 | 641 | 13 | 3,03 | 1886 | 33 | 4,83 | 3004 |
| 2 | 1,19 | 739 | 14 | 3,15 | 1956 | 34 | 4,90 | 3049 |
| 2,5 | 1,33 | 827 | 15 | 3,26 | 2026 | 35 | 4,98 | 3094 |
| 3 | 1,46 | 906 | 16 | 3,36 | 2092 | 36 | 5,05 | 3138 |
| 3,5 | 1,57 | 978 | 17 | 3,47 | 2156 | 37 | 5,12 | 3181 |
| 4 | 1,68 | 1046 | 18 | 3,57 | 2219 | 38 | 5,18 | 3224 |
| 4,5 | 1,78 | 1109 | 19 | 3,66 | 2274 | 39 | 5,25 | 3266 |
| 5 | 1,88 | 1169 | 20 | 3,76 | 2339 | 40 | 5,32 | 3308 |
| 5,5 | 1,97 | 1226 | 21 | 3,85 | 2397 | | | |
| 6 | 2,06 | 1281 | 22 | 3,94 | 2453 | | | |
| 6,5 | 2,14 | 1333 | 23 | 4,03 | 2508 | | | |
| 7 | 2,23 | 1384 | 24 | 4,12 | 2562 | | | |
| 7,5 | 2,30 | 1432 | 25 | 4,20 | 2615 | | | |
| 8 | 2,38 | 1479 | 26 | 4,29 | 2667 | | | |
| 8,5 | 2,45 | 1525 | 27 | 4,37 | 2718 | | | |
| 9 | 2,52 | 1569 | 28 | 4,45 | 2767 | | | |
| 9,5 | 2,59 | 1612 | 29 | 4,53 | 2817 | | | |
| 10 | 2,66 | 1654 | 30 | 4,61 | 2864 | | | |

Coeficiente de conversão: $\beta = 1{,}140$

$V = 28{,}656 \cdot \sqrt{i}$ m/seg.

$Q = 0{,}76775 \cdot V$ m³/seg.

**1,00 × 1,00**

| Declives mm/m | Velocidades m/seg | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,5 | 0,64 | 491,9 | 5,5 | 2,13 | 1632 | 11 | 3,01 | 2307 | 21 | 4,15 | 3188 |
| 1 | 0,91 | 696 | 6 | 2,22 | 1704 | 12 | 3,14 | 1410 | 22 | 4,25 | 3263 |
| 1,5 | 1,11 | 852 | 6,5 | 2,31 | 1774 | 13 | 3,27 | 2508 | 23 | 4,35 | 3337 |
| 2 | 1,28 | 984 | 7 | 2,40 | 1841 | 14 | 3,39 | 2603 | 24 | 4,44 | 3408 |
| 2,5 | 1,43 | 1100 | 7,5 | 2,48 | 1906 | 15 | 3,51 | 2694 | 25 | 4 53 | 3479 |
| 3 | 1,57 | 1205 | 8 | 2,56 | 1968 | 16 | 3,62 | 2783 | 26 | 4,62 | 3547 |
| 3,5 | 1,70 | 1301 | 8,5 | 2,64 | 2028 | 17 | 3,74 | 2869 | 27 | 4,71 | 3615 |
| 4 | 1,81 | 1391 | 9 | 2,72 | 2088 | 18 | 3.84 | 2952 | 28 | 4,80 | 3681 |
| 4,5 | 1,92 | 1476 | 9.5 | 2,79 | 2144 | 19 | 3,95 | 3033 | 29 | 4.88 | 3747 |
| 5 | 2,03 | 1556 | 10 | 2,87 | 2200 | 20 | 4,05 | 3111 | 30 | 4,96 | 3811 |

Coeficiente de conversão : $\beta = 1{,}135$

$V = 30{,}636 \cdot \sqrt{i}$ m/seg.

$Q = 0{,}92898 \cdot V$ m³/seg.

**1,10 × 1,10**

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,5 | 0,69 | 636 | 5 5 | 2,27 | 2111 | 11 | 3,21 | 2985 | 21 | 4,44 | 4124 |
| 1 | 0,97 | 900 | 6 | 2,37 | 2205 | 12 | 3 36 | 3118 | 22 | 4,54 | 4221 |
| 1,5 | 1,19 | 1102 | 6,5 | 2,47 | 2295 | 13 | 3,49 | 3245 | 23 | 4,65 | 4316 |
| 2 | 1,37 | 1273 | 7 | 2,56 | 2381 | 14 | 3,62 | 3367 | 24 | 4,75 | 4409 |
| 2,5 | 1,53 | 1423 | 7,5 | 2,65 | 2465 | 15 | 3,75 | 3486 | 25 | 4 84 | 4500 |
| 3 | 1,68 | 1559 | 8 | 2,74 | 2546 | 16 | 3,88 | 3600 | 26 | 4,94 | 4589 |
| 3,5 | 1,81 | 1684 | 8,5 | 2,82 | 2624 | 17 | 3,99 | 3711 | 27 | 5,03 | 4677 |
| 4 | 1,94 | 1800 | 9 | 2,91 | 2700 | 18 | 4,11 | 3818 | 28 | 5,13 | 4762 |
| 4,5 | 2,06 | 1909 | 9,5 | 2,99 | 2774 | 19 | 4,22 | 3923 | 29 | 5,22 | 4846 |
| 5 | 2,17 | 2012 | 10 | 3,06 | 2846 | 20 | 4,33 | 4025 | 30 | 5,31 | 4929 |

Coeficiente de conversão : $\beta = 1{,}131$

$V = 32{,}545 \cdot \sqrt{i}$ m/seg.

$Q = 1{,}10556 \cdot V$ m³/seg

## 1,20 × 1,20

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,5 | 0,73 | 805 | 5,5 | 2,41 | 2668 | 11 | 3,41 | 3774 | 21 | 4,72 | 5214 |
| 1 | 1,03 | 1138 | 6 | 2,52 | 2787 | 12 | 3,57 | 3942 | 22 | 4,83 | 5337 |
| 1,5 | 1,26 | 1394 | 6,5 | 2,62 | 2901 | 13 | 3,71 | 4102 | 23 | 4,94 | 5457 |
| 2 | 1,46 | 1609 | 7 | 2,72 | 3011 | 14 | 3,85 | 4257 | 24 | 5 04 | 5574 |
| 2,5 | 1,63 | 1799 | 7,5 | 2,82 | 3116 | 15 | 3,99 | 4407 | 25 | 5,15 | 5689 |
| 3 | 1,78 | 1971 | 8 | 2,91 | 3218 | 16 | 4,12 | 4551 | 26 | 5,25 | 5801 |
| 3,5 | 1,93 | 2129 | 8,5 | 3,00 | 3317 | 17 | 4,24 | 4691 | 27 | 5,35 | 5912 |
| 4 | 2,06 | 2276 | 9 | 3,09 | 3414 | 18 | 4,37 | 4827 | 28 | 5,45 | 6021 |
| 4,5 | 2,18 | 2414 | 9,5 | 3,17 | 3507 | 19 | 4,49 | 4960 | 29 | 5,54 | 6127 |
| 5 | 2,30 | 2544 | 10 | 3,25 | 3598 | 20 | 4,60 | 5088 | 30 | 5,64 | 6232 |

Coeficiente de converzão: $\beta = 1{,}127$

$V = 34{,}396 \cdot \sqrt{i}$ m/seg.

$Q = 1.29750 \cdot V$ m³/seg.

## 1,30 × 1,30

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.5 | 0,77 | 998 | 5.5 | 2,55 | 3310 | 11 | 3,61 | 4681 | 21 | 4,98 | 6467 |
| 1 | 1,09 | 1411 | 6 | 2,66 | 3457 | 12 | 3,77 | 4889 | 22 | 5,10 | 6619 |
| 1,5 | 1,33 | 1729 | 6,5 | 2,77 | 3598 | 13 | 3,92 | 5089 | 23 | 5,22 | 6768 |
| 2 | 1,54 | 1996 | 7 | 2,88 | 3734 | 14 | 4,07 | 5280 | 24 | 5.33 | 6914 |
| 2,5 | 1,72 | 2231 | 7.5 | 2,98 | 3865 | 15 | 4,21 | 5466 | 25 | 5.44 | 7056 |
| 3 | 1,88 | 2444 | 8 | 3,08 | 3992 | 16 | 4.35 | 5645 | 26 | 5,55 | 7196 |
| 3,5 | 2,03 | 2640 | 8.5 | 3,17 | 4115 | 17 | 4.48 | 5819 | 27 | 5,65 | 7333 |
| 4 | 2,18 | 2823 | 9 | 3,26 | 4234 | 18 | 4,61 | 5987 | 28 | 5,76 | 7468 |
| 4,5 | 2,31 | 2994 | 9.5 | 3 35 | 4350 | 19 | 4,74 | 6152 | 29 | 5 86 | 7600 |
| 5 | 2,43 | 3156 | 10 | 3.44 | 4463 | 20 | 4,86 | 6311 | 30 | 5,96 | 7730 |

Coeficiente de conversão: $\beta = 1{,}123$

## 1,40 × 1,40

$V = 36{,}198 \cdot \sqrt{i}$ m/seg.

$Q = 1{,}50479 \cdot V$ m³/seg.

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|
| 0,5 | 0,81 | 1218 |
| 1 | 1,14 | 1722 |
| 1,5 | 1,40 | 2110 |
| 2 | 1,62 | 2436 |
| 2,5 | 1,81 | 2724 |
| 3 | 1,98 | 2983 |
| 3,5 | 2,14 | 3222 |
| 4 | 2,29 | 3445 |
| 4,5 | 2,43 | 3654 |
| 5 | 2,56 | 3852 |
| 5,5 | 2,68 | 4040 |
| 6 | 2,80 | 4219 |
| 6,5 | 2,92 | 4391 |
| 7 | 3,03 | 4558 |
| 7,5 | 3,13 | 4717 |
| 8 | 3,24 | 4872 |
| 8,5 | 3,34 | 5022 |
| 9 | 3,43 | 5168 |
| 9,5 | 3,53 | 5309 |
| 10 | 3,62 | 5447 |
| 11 | 3,80 | 5713 |
| 12 | 3,97 | 5967 |
| 13 | 4,13 | 6211 |
| 14 | 4,28 | 6445 |
| 15 | 4,43 | 6671 |
| 16 | 4,58 | 6890 |
| 17 | 4,72 | 7102 |
| 18 | 4,86 | 7308 |
| 19 | 4,99 | 7508 |
| 20 | 5,12 | 7703 |

Coeficiente de conversão:

$\beta = 1{,}120$

## 1,50 × 1,50

$V = 38{,}025 \cdot \sqrt{i}$ m/seg.

$Q = 1{,}72744 \cdot V$ m³/seg.

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|
| 0,5 | 0,85 | 1469 |
| 1 | 1,20 | 2077 |
| 1,5 | 1,47 | 2544 |
| 2 | 1,70 | 2937 |
| 2,5 | 1,90 | 3284 |
| 3 | 2,80 | 3598 |
| 3,5 | 2,25 | 3886 |
| 4 | 2,41 | 4155 |
| 4,5 | 2,55 | 4406 |
| 5 | 2,69 | 4645 |
| 5,5 | 2,82 | 4871 |
| 6 | 2,95 | 5088 |
| 6,5 | 3,07 | 5296 |
| 7 | 3,18 | 5496 |
| 7,5 | 3,29 | 5688 |
| 8 | 3,40 | 5875 |
| 8,5 | 3,51 | 6056 |
| 9 | 3,61 | 6232 |
| 9,5 | 3,71 | 6402 |
| 10 | 3,80 | 6569 |
| 11 | 3,99 | 6889 |
| 12 | 4,17 | 7196 |
| 13 | 4,34 | 7490 |
| 14 | 4,50 | 7772 |
| 15 | 4,66 | 8045 |
| 16 | 4,81 | 8309 |
| 17 | 4,96 | 8564 |
| 18 | 5,10 | 8812 |
| 19 | 5,24 | 9054 |
| 20 | 5,38 | 9289 |

Coeficiente de conversão:

$\beta = 1{,}117$

## 1,60 × 1,60

$V = 39{,}712 \cdot \sqrt{i}$ m/seg.

$Q = 1{,}96544 \cdot V$ m³/seg.

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|
| 0,5 | 0,89 | 1745 |
| 1 | 1,26 | 2468 |
| 1,5 | 1,54 | 3023 |
| 2 | 1,78 | 3490 |
| 2,5 | 1,99 | 3903 |
| 3 | 2,18 | 4275 |
| 3,5 | 2,35 | 4618 |
| 4 | 2,51 | 4937 |
| 4,5 | 2,66 | 5236 |
| 5 | 2,81 | 5519 |
| 5,5 | 2,95 | 5788 |
| 6 | 3,08 | 6046 |
| 6,5 | 3,20 | 6293 |
| 7 | 3,32 | 6531 |
| 7,5 | 3,44 | 6759 |
| 8 | 3,55 | 6981 |
| 8,5 | 3,66 | 7196 |
| 9 | 3,77 | 7405 |
| 9,5 | 3,87 | 7608 |
| 10 | 3,97 | 7805 |
| 11 | 4,16 | 8186 |
| 12 | 4,35 | 8551 |
| 13 | 4,53 | 8899 |
| 14 | 4,70 | 9235 |
| 15 | 4,86 | 9559 |
| 16 | 5,02 | 9873 |
| 17 | 5,18 | 10176 |
| 18 | 5,33 | 10471 |
| 19 | 5,47 | 10759 |
| 20 | 5,62 | 11038 |

Coeficiente de conversão:

$\beta = 1{,}115$

## 1,70 × 1,70

$V = 41{,}414 . \sqrt{i}$ m/seg.

$Q = 2{,}21880 . V$ m³/seg.

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|
| 0,5 | 0,93 | 2055 |
| 1 | 1,31 | 2906 |
| 1,5 | 1,60 | 3559 |
| 2 | 1,85 | 4109 |
| 2,5 | 2,07 | 4594 |
| 3 | 2,27 | 5033 |
| 3,5 | 2,45 | 5436 |
| 4 | 2,62 | 5812 |
| 4,5 | 2,78 | 6164 |
| 5 | 2,93 | 6497 |
| 5,5 | 3,07 | 6815 |
| 6 | 3,21 | 7118 |
| 6,5 | 3,34 | 7408 |
| 7 | 3,47 | 7688 |
| 7,5 | 3,59 | 7958 |
| 8 | 3,70 | 8219 |
| 8,5 | 3,82 | 8472 |
| 9 | 3,93 | 8718 |
| 9,5 | 4,04 | 8956 |
| 10 | 4,14 | 9189 |
| 11 | 4,34 | 9637 |
| 12 | 4,54 | 10066 |
| 13 | 4,72 | 10477 |
| 14 | 4,90 | 10872 |
| 15 | 5,07 | 11254 |
| 16 | 5,24 | 11623 |
| 17 | 5,40 | 11981 |
| 18 | 5,56 | 12328 |
| 19 | 5,71 | 12666 |
| 20 | 5,86 | 12995 |

Coeficiente de conversão:

$\beta = 1{,}112$

## 1,80 × 1,80

$V = 43{,}013 . \sqrt{i}$ m/seg.

$Q = 2{,}48751 . V$ m³/seg.

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|
| 0,5 | 0,96 | 2392 |
| 1 | 1,36 | 3383 |
| 1,5 | 1,67 | 4144 |
| 2 | 1,92 | 4785 |
| 2,5 | 2,15 | 5350 |
| 3 | 2,36 | 5860 |
| 3,5 | 2,54 | 6330 |
| 4 | 2,72 | 6767 |
| 4,5 | 2,89 | 7177 |
| 5 | 3,04 | 7566 |
| 5,5 | 3,19 | 7935 |
| 6 | 3,33 | 8288 |
| 6,5 | 3,47 | 8626 |
| 7 | 3,60 | 8952 |
| 7,5 | 3,72 | 9266 |
| 8 | 3,85 | 9570 |
| 8,5 | 3,97 | 9865 |
| 9 | 4,08 | 10151 |
| 9,5 | 4,19 | 10429 |
| 10 | 4,30 | 10700 |
| 11 | 4,51 | 11222 |
| 12 | 4,71 | 11721 |
| 13 | 4,90 | 12200 |
| 14 | 5,09 | 12660 |
| 15 | 5,27 | 13104 |
| 16 | 5,44 | 13534 |
| 17 | 5,61 | 13950 |
| 18 | 5,77 | 14354 |
| 19 | 5,93 | 14748 |
| 20 | 6,08 | 15131 |

Coeficiente de conversão:

$\beta = 1{,}110$

## 1,90 × 1,90

$V = 44{,}596 . \sqrt{i}$ m/seg.

$Q = 2{,}77158 . V$ m³/seg.

| Declives mm/seg. | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|
| 0,5 | 1,00 | 2764 |
| 1 | 1,41 | 3908 |
| 1,5 | 1,73 | 4787 |
| 2 | 1,99 | 5527 |
| 2,5 | 2,23 | 6180 |
| 3 | 2,44 | 6770 |
| 3,5 | 2,64 | 7312 |
| 4 | 2,82 | 7818 |
| 4,5 | 2,99 | 8291 |
| 5 | 3,15 | 8740 |
| 5,5 | 3,31 | 9166 |
| 6 | 3,45 | 9574 |
| 6,5 | 3,60 | 9965 |
| 7 | 3,73 | 10342 |
| 7,5 | 3,86 | 10704 |
| 8 | 3,99 | 11055 |
| 8,5 | 4,11 | 11396 |
| 9 | 4,23 | 11726 |
| 9,5 | 4,35 | 12047 |
| 10 | 4,46 | 12360 |
| 11 | 4,68 | 12963 |
| 12 | 4,89 | 13541 |
| 13 | 5,08 | 14093 |
| 14 | 5,28 | 14625 |
| 15 | 5,46 | 15137 |
| 16 | 5,64 | 15634 |
| 17 | 5,81 | 16115 |
| 18 | 5,98 | 16582 |
| 19 | 6,15 | 17037 |
| 20 | 6,31 | 17480 |

Coeficiente de conversão:

$\beta = 1{,}108$

## 2,00 × 2,00

$V = 46{,}169 . \sqrt{i}$ m/seg.

$Q = 3{,}07100 . V$ m³/seg.

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|
| 0,5 | 1,03 | 3170 |
| 1 | 1,46 | 4483 |
| 1,5 | 1,79 | 5491 |
| 2 | 2,06 | 6341 |
| 2,5 | 2,31 | 7089 |
| 3 | 2,53 | 7766 |
| 3,5 | 2,73 | 8388 |
| 4 | 2,92 | 8968 |
| 4,5 | 3,10 | 9511 |
| 5 | 3,26 | 10026 |
| 5,5 | 3,42 | 10515 |
| 6 | 3,58 | 10983 |
| 6,5 | 3,72 | 11431 |
| 7 | 3,86 | 11863 |
| 7,5 | 4,00 | 12279 |
| 8 | 4,13 | 12681 |
| 8,5 | 4,26 | 13073 |
| 9 | 4,38 | 13451 |
| 9,5 | 4,50 | 13820 |
| 10 | 4,62 | 14178 |
| 11 | 4,84 | 14870 |
| 12 | 5,06 | 15533 |
| 13 | 5,26 | 16166 |
| 14 | 5,46 | 16776 |
| 15 | 5,65 | 16364 |
| 16 | 5,84 | 17934 |
| 17 | 6,02 | 18486 |
| 18 | 6,19 | 19022 |
| 19 | 6,36 | 19544 |
| 20 | 6,53 | 20051 |

Coeficiente de conversão:

$\beta = 1{,}106$

## QUADRO III

Elementos de cálculo e condições de escoamento num colector pentagonal de cobertura em abóbada e de altura total igual a $1^m,00$ para diferentes alturas da lâmina líquida, supondo o declive do trainel igual a 10 mm/m.

| Altura da lâmina líquida $\frac{h_x}{h} = z$ $\frac{h'_x}{h} = z'$ | Secção de vazão $\omega$ | Perímetro molhado $\chi$ | Raio médio hidráulico R | Valores determinados com b = 0,35 | | | | Valores determinados com b = 0,25 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Velocidade média de escoamento V | Caudal Q | $\frac{V_x}{V_h} = y$ | $\frac{Q_x}{Q_h} = x$ | Velocidade média de escoamento V' | Caudal Q' | $\frac{V'_x}{V'_h} = y'$ | $\frac{Q'_x}{Q'_h} = x'$ |
| | $m^2$ | m | m | m/seg. | l/seg. | | | m/seg. | l/seg. | | |
| 0,01 | 0,0002 | 0,045 | 0,004 | 0,108 | 0,022 | 0,038 | 0,00001 | 0,128 | 0,025 | 0,039 | 0,00001 |
| 0,02 | 0,0008 | 0,089 | 0,009 | 0,202 | 0,162 | 0,071 | 0,00007 | 0,261 | 0,209 | 0,080 | 0,00008 |
| 0,03 | 0,0018 | 0,134 | 0,013 | 0,280 | 0,504 | 0,098 | 0,00023 | 0,357 | 0,642 | 0,110 | 0,00026 |
| 0,04 | 0,0032 | 0,179 | 0,018 | 0,372 | 1,190 | 0,130 | 0,00054 | 0,468 | 1,500 | 0,144 | 0,00060 |
| 0,05 | 0,0050 | 0,224 | 0,022 | 0,442 | 2,210 | 0,154 | 0,0010 | 0,553 | 2,765 | 0,170 | 0,0011 |
| 0,06 | 0,0072 | 0,268 | 0,027 | 0,525 | 3,780 | 0,183 | 0,0017 | 0,652 | 4,694 | 0,200 | 0,0019 |
| 0,07 | 0,0098 | 0,313 | 0,031 | 0,589 | 5,772 | 0,206 | 0,0026 | 0,728 | 7,134 | 0,224 | 0,0029 |
| 0,08 | 0,0128 | 0,358 | 0,036 | 0,667 | 8,538 | 0,233 | 0,0039 | 0,818 | 10,470 | 0,252 | 0,0042 |
| 0,09 | 0,0162 | 0,402 | 0,040 | 0,727 | 11,777 | 0,254 | 0,0054 | 0,889 | 14,402 | 0,273 | 0,0058 |
| 0,10 | 0,0200 | 0,447 | 0,045 | 0,800 | 16,000 | 0,279 | 0,0073 | 0,974 | 19,480 | 0,300 | 0,0078 |
| 0,15 | 0,0450 | 0,671 | 0,067 | 1,100 | 49,500 | 0,384 | 0,023 | 1,316 | 59,234 | 0,405 | 0,024 |
| 0,20 | 0,0800 | 0,894 | 0,090 | 1,385 | 110,800 | 0,483 | 0,050 | 1,636 | 130,904 | 0,503 | 0,052 |
| 0,25 | 0,1250 | 1,118 | 0,112 | 1,636 | 204,375 | 0,570 | 0,093 | 1,915 | 239,313 | 0,589 | 0,096 |
| 0,30 | 0,1750 | 1,218 | 0,144 | 1,973 | 345,275 | 0,688 | 0,157 | 2,286 | 400,000 | 0,703 | 0,160 |
| 0,35 | 0,2250 | 1,318 | 0,171 | 2,238 | 503,550 | 0,781 | 0,229 | 2,575 | 579,443 | 0,792 | 0,232 |
| 0,40 | 0,2750 | 1,418 | 0,194 | 2,453 | 674,575 | 0,856 | 0,307 | 2,808 | 772,063 | 0,864 | 0,310 |
| 0,45 | 0,3250 | 1,518 | 0,214 | 2,632 | 855,400 | 0,918 | 0,389 | 3,001 | 975,325 | 0,923 | 0,391 |
| 0,50 | 0,3750 | 1,618 | 0,232 | 2,788 | 1045,500 | 0,973 | 0,475 | 3,169 | 1188,375 | 0,975 | 0,476 |
| 0,55 | 0,4250 | 1,718 | 0,248 | 2,925 | 1243,125 | 1,021 | 0,565 | 3,316 | 1409,300 | 1,020 | 0,564 |
| 0,60 | 0,4745 | 1,819 | 0,261 | 3,031 | 1438,210 | 1,058 | 0,654 | 3,430 | 1627,535 | 1,055 | 0,652 |
| 0,65 | 0,5228 | 1,923 | 0,272 | 3,119 | 1630,457 | 1,088 | 0,741 | 3,523 | 1841,824 | 1,083 | 0,738 |
| 0,70 | 0,5695 | 2,029 | 0,280 | 3,182 | 1812,149 | 1,110 | 0,824 | 3,590 | 2044,505 | 1,104 | 0,819 |
| 0,75 | 0,6143 | 2,142 | 0,287 | 3,239 | 1989,556 | 1,130 | 0,904 | 3,651 | 2242,809 | 1,123 | 0,898 |
| 0,80 | 0,6560 | 2,261 | 0,290 | 3,262 | 2139,872 | 1,138 | 0,973 | 3,680 | 2414,080 | 1,131 | 0,967 |
| 0,825 | 0,6753 | 2,326 | 0,2903 | 3,262 | 2202,666 | 1,138 | 1,001 | 3,680 | 2484,429 | 1,131 | 0,995 |
| 0,85 | 0,6939 | 2,393 | 0,290 | 3,262 | 2263,420 | 1,138 | 1,029 | 3,680 | 2553,552 | 1,131 | 1,022 |
| 0,90 | 0,7269 | 2,445 | 0,286 | 3,232 | 2349,260 | 1,128 | 1,068 | 3,629 | 2637,920 | 1,116 | 1,056 |
| 0,95 | 0,7531 | 2,738 | 0,276 | 3,151 | 2372,939 | 1,099 | 1,079 | 3,557 | 2678,777 | 1,094 | 1,073 |
| 1,00 | 0,7678 | 3,189 | 0,241 | 2,866 | 2200,372 | 1,000 | 1,000 | 3,252 | 2496,886 | 1,000 | 1,000 |

GUINDASTES

para diversos

fins e exigências

Modelo de confiança

bem conhecido


Exportados pela :

NIKEX — Companhia de Comércio Externo Húngara para a Indústria Pesada

Budapeste 4 POB 103 HUNGRIA

Telegramas : NIKEXPORT

TELEFONE
710619 PPC
END. TEL.
EMECIL
CÓDIGOS
A. B. C.
5.ª EDIÇÃO
BENTLEY'S

EMPREENDIMENTOS

# MECÂNO-CIVIS, L.DA

RUA SOARES DOS REIS, 46 a 76 e RUA DA RASA, 59 a 71

**VILA NOVA DE GAIA (Portugal)**

## ALGUMAS OBRAS EXECUTADAS:

— Grade de vedação em ferro forjado do Hospital Escolar de Lisboa;

— Serralharias especiais do Hospital Escolar do Porto: portões da Entrada Principal e da Faculdade de Medicina, portas electro-comandadas dos Serviços de Urgência e de Doentes, janelões duplos do Bloco Operatório e Sala de Operações das Clínicas Especiais;

— Caixilharia em liga especial de alumínio na cúpula da Nave Central do Palácio de Cristal no Porto;

— Caixilharia em perfis especiais de ferro, para o Centro Militar da Amadora;

— Caixilharia para o Laboratório de Ensaios da Secil, no Outão;

— Fornecimento e montagem de portas-fortes nas Filiais e Agências da Caixa Geral de Depósitos Crédito e Previdência;

— Fornecimento e montagem de portas-fortes para os Serviços de Finanças de Luanda;

— Fornecimento de cofres-fortes especiais para os Arquivos da Casa da Moeda;

— Fornecimento e montagem de queimadores de óleos para as cosinhas dos Regimentos de Artilharia 2, em Coimbra e de Infantaria em Leiria;

— Fornecimento e montagem de queimadores de óleos para os auto-claves do Hospital-Colónia Rovisco Pais;

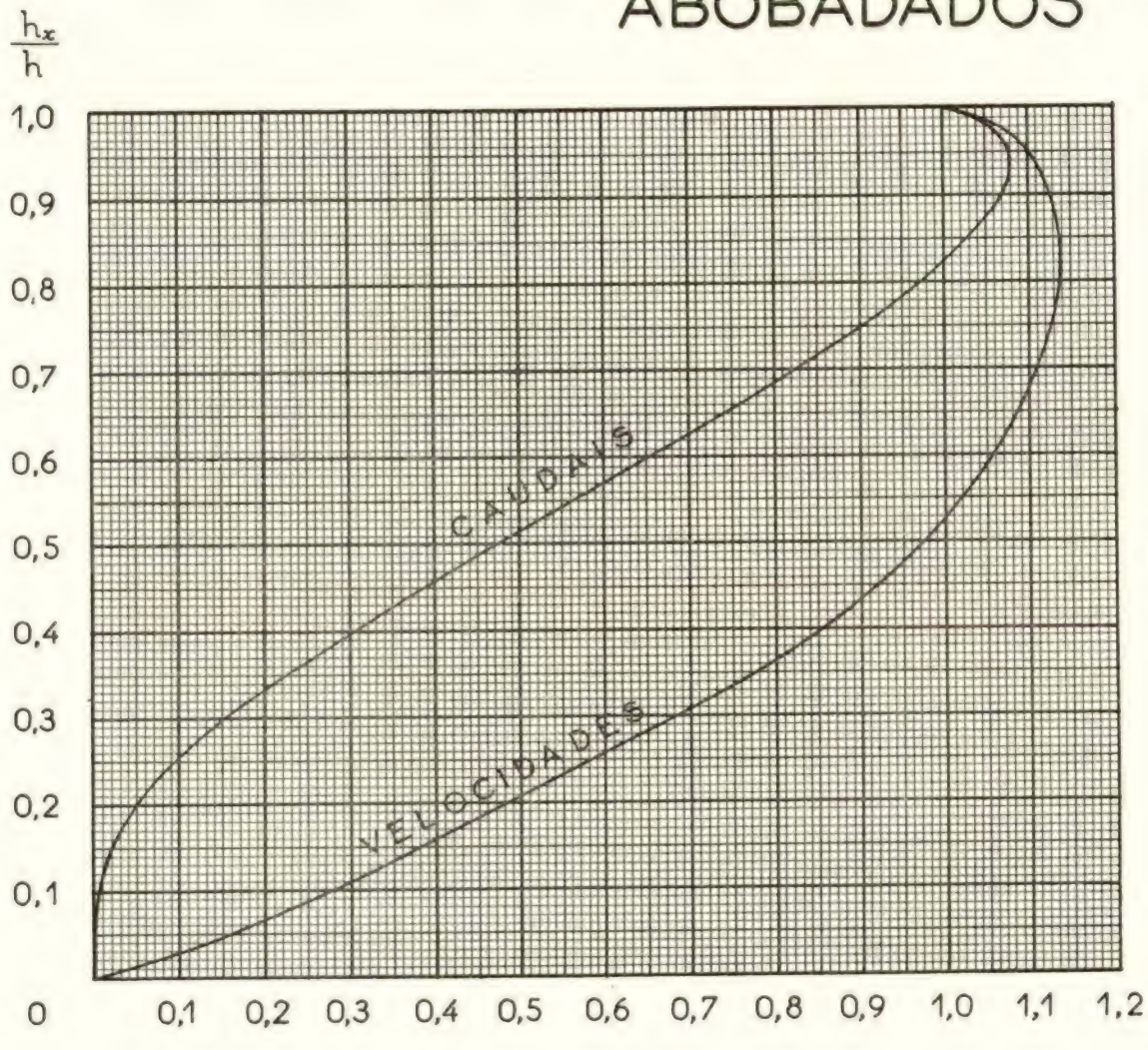
— Caixilharia em perfis especiais de ferro e portas metálicas no Hospital da Marinha;

— Fornecimento e montagem de máquinas para a padaria na obra da Barragem do Picote-Hidroeléctrica do Douro.

— Fornecimento e montagem de uma báscula para 30 toneladas nos Estaleiros da Barragem da Bouçã;

— Fornecimento e montagem de portas-fortes especiais para os Arquivos da Câmara Municipal do Porto.

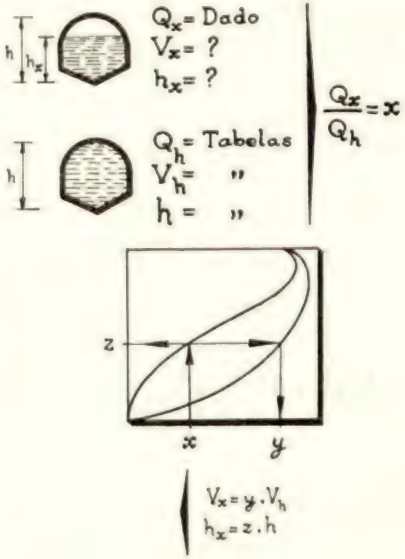
# COLECTORES COM SOLEIRA EM VALETA ABOBADADOS



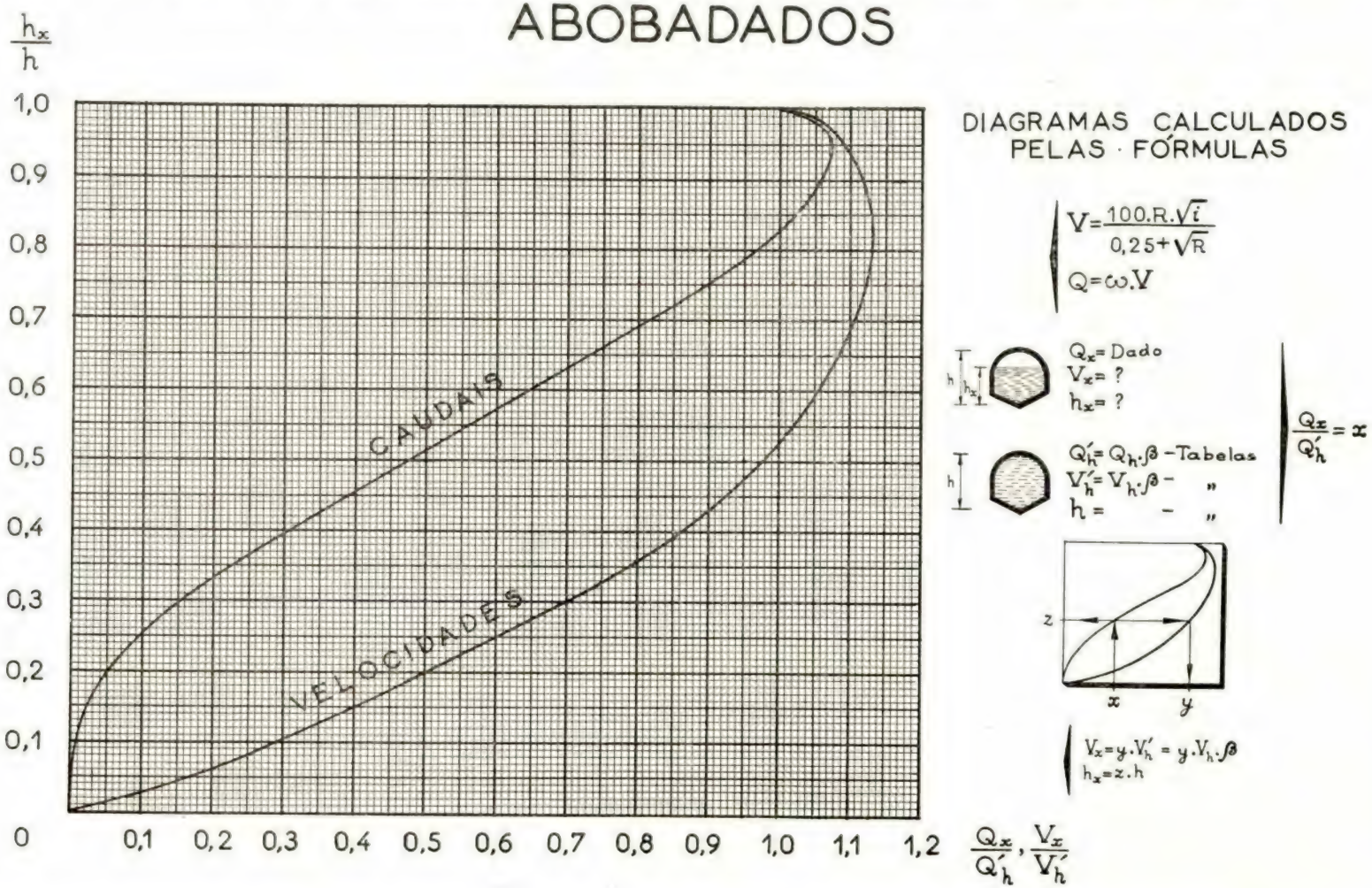

DIAGRAMAS CALCULADOS PELAS FÓRMULAS

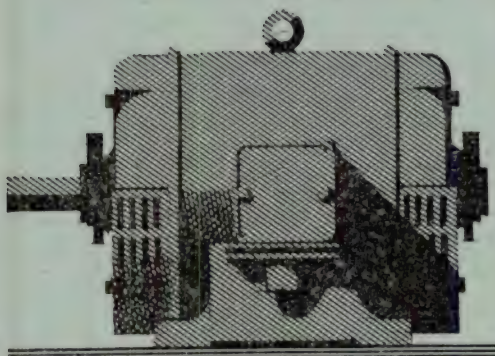
$$V = \frac{100.R.\sqrt{i}}{0,35 + \sqrt{R}}$$

$$Q = \omega . V$$



# COLECTORES COM SOLEIRA EM VALETA ABOBADADOS





# EFA-ACEC

MOTORES ELÉCTRICOS

EFA-ACEC

MOTORES ELÉCTRICOS

EFA-ACEC

EFA-ACEC

MOTORES ELÉCTRICOS

EFA-ACEC

MOTORES ELÉCTRICOS

EFA-ACEC

MOTORES ELÉCTRICOS

EFA-ACEC

MOTORES ELÉCTRICOS

EFA-ACEC

MOTORES ELÉCTRICOS

FABRICADOS EM PORTUGAL PELA

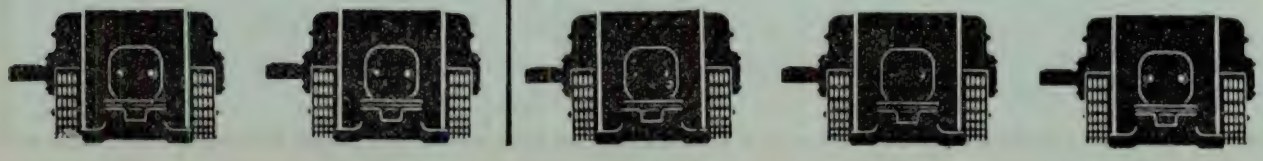
**EFA - EMPRESA FABRIL DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS**

ARROTEIA — S. MAMEDE DE INFESTA

DISTRIBUIDORES GERAIS

**INDÚSTRIAS ELÉCTRICAS ASSOCIADAS — INEL**

SEDE EM LISBOA: RUA RODRIGO DA FONSECA, 76, 4.º
TELEFS. 40174, 47533, 55317, 56582 E 57158 • TELEG.: INELA-LISBOA
DELEGAÇÃO NO PORTO: RUA DE SANTA CATARINA, 470
TELEFONES 28841, 28842 E 28843 • TELEGRAMAS: INELAPO-PORTO



# UNILENE

**Características:**

Leveza; grande resistência ao choque, esmagamento e abrasão; boa flexibilidade; grande estabilidade dimensional; perdas de carga mínimas; imunidade à incrustação, insensibilidade às baixas temperaturas; resistência aos ácidos minerais, alcalis e soluções salinas, inatacabilidade por fungos ou roedores. Não tóxico.

**Restrições:**

A temperatura máxima de serviço contínuo é de 50° C.

**Aplicações:**

Construção Civil, Indústria Química, Condutas desmontáveis ou fixas para cerveja, agricultura, vinicultura, sulfato para as vinhas, estábulos, nitreiras, centrais leiteiras, sumos de frutos, águas ácidas, água salgada ou calcárea, condutas de água e ar nas minas, pedreiras, etc.

UNILENE

SOCIEDADE FABRIL DE MATÉRIAS PLÁSTICAS

**PORTO**
RUA DO HEROÍSMO, 291
Tele { gramas UNISOTRA
fone (prov) 5 2102

**LISBOA**
RUA DA EMENDA, 19
Tele { gramas UNISOTRA
fone 2 0448 - 36 7488 - 36 7489

C. D. U. 621.396.216

# COMUNICAÇÃO POR IMPULSOS

## ESTUDO DA MODULAÇÃO DE SUCESSÕES DE IMPULSOS

PELO ENG.º ELECTR. I. S. T. MANUEL JOSÉ DE ABREU FARO
Prof. do I. S. T.
Bolseiro do I. A. C.

*(Continuação)*

### D — Espectro de sucessões de impulsos moduladas no tempo por sinais sinusoidais. Determinação da distorsão

A análise que fizemos é geral, dando-nos informações independentes da forma do sinal e indicando-nos claramente de que parâmetros depende a distorsão.

A determinação exacta da distorsão implica o estabelecimentos dos espectros das sucessões moduladas, o que para sinais complexos é bastante trabalhoso.

A fim de podermos comparar quantitativamente os diversos tipos de modulação, no que se refere à distorsão que intrìnsecamente introduzem, vamos determinar as expressões analíticas exactas e os correspondentes espectros para um sinal modulante alternado sinusoidal.

Como, porém, o cálculo é extenso limitamo-nos a dar aqui os resultados,

No apêndice V pormenoriza-se o modo como se obtiveram estes resultados.

* * *

**I — Modulação em duração**

*a*) — 1.º Tipo:

$$\psi_a(t) = t$$
$$\psi_b(t) = t - T\,[1 + m\,f(t)]$$
$$\text{Sinal} = f(t) = A \text{ sen } (\omega t + \theta)$$

A expressão analítica da sucessão $S_{MD1}(t)$ é

$$S_{MD1}(t) = E\frac{T}{T_r} + E\frac{T}{T_r}\,m\,A \text{ sen } (\omega t + \theta) +$$
$$+ E\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{\pi n}\text{ sen } n\,\omega_r t - E\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n\pi}J_0\left(2\pi n\frac{T}{T_r}\,m\,A\right)\text{ sen } n\,\omega_r(t-T) -$$
$$- E\sum_{n=1}^{\infty}\sum_{\substack{K\neq-\infty\\K\neq 0}}^{\infty}\frac{1}{\pi n}J_K\left(2\pi n\frac{T}{T_r}\,m\,A\right)(-1)^K \text{ sen } [(n\,\omega_r + K\,\omega)\,t - n\,\omega_r T + K\theta] \quad (131)$$

em que $J_k$ representa a função de Bessel de 1.ª espécie de ordem K.

A interpretação de (131) é a seguinte:

1) — Na primeira linha aparece o sinal sem distorsão.
2) — Na segunda, figura uma função periódica de período $T_r$ contribuindo para o espectro apenas com frequências múltiplas de $f_r$.
3) — Na última ($K \neq 0$) figuram as bandas laterais dos múltiplos da frequência de repetição. Cada frequência $n\,f_r$ tem um epectro ilimitado de frequências

$$(n\,f_r \pm K\,f) \qquad K = 1 \text{ a } \infty$$

havendo portanto distorsão que resulta da contribuição para a resposta do desmodulador das frequências das bandas laterais esquerdas que satisfazem a:

$$|n\,f_r - K\,f| < F = \frac{f_r}{2} \quad (132)$$

* * *

Em valor absoluto o coeficiente correspondente à frequência ($n\ f_r \pm K\ f$) vale

$$E\ \frac{1}{\pi n}\ J_k \left(2\ \pi\ n\ \frac{T}{T_r}\ m\ A\right) \tag{133}$$

Tomando $m\ A = 1$ resulta

$$B_{nk} = E\ \frac{1}{\pi n}\ J_k \left(2\ \pi\ n\ \frac{T}{T_r}\right) \tag{134}$$

Para as determinações que vamos fazer $2\ \pi\ n\ \frac{T}{T_r}$ é suficientemente pequeno para se poder tomar

$$J_k\ (x) = \frac{x^k}{2^k\ K!} \tag{135}$$

Nestas condições, o valor relativo de $B_{nk}$ será

$$p_{nk} = \frac{B_{nk}}{S} \tag{136}$$

em que S é o coeficiente da componente de audio-frequência

$$S = E\ \frac{T}{T_r}$$

em que se tomou $m\ A = 1$.

Atendendo a (134), (135) e (136) resulta:

$$p_{nk} = \frac{1}{K\,!}\left(\pi\ n\ \frac{T}{T_r}\right)^{k-1} \tag{137}$$

Verifica-se assim que $p_{nk}$ é independente da frequência do sinal modulante.

* * *

A distorsão provém essencialmente da banda lateral esquerda da frequência de repetição convindo portanto determinar $p_{1k}$.

Consideremos como exemplo

$$T_r = 125\ \mu S \qquad f_r = 8.000\ Hz$$
$$T = 5\ \mu S$$

em que $5\ \mu S$ representa um limite superior das durações que são normalmente utilizadas na prática. Como se conclui de (137) e anteriormente se tinha notado, a distorsão diminui com T, representando, portanto, o valor adoptado o caso mais desfavorável.

Substituindo T e $T_r$ em (137) obtemos para os três primeiros valores de K

| | | | |
|---|---|---|---|
| $K \rightarrow$ | $\pm 1$ | $\pm 2$ | $\pm 3$ |
| $p_{1k} \rightarrow$ | 1 | 0,0628 | 0,0026 |

A segunda frequência da banda lateral inferior de $f_r$

$$(f_r - 2\ f)$$

é o elemento que principalmente contribuirá para a distorsão.

Efectivamente temos:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $f \rightarrow$ | $0{,}1\ f_r$ | $0{,}2\ f_r$ | $0{,}3\ f_r$ | $0{,}4\ f_r$ | $0{,}5\ f_r$ |
| $f_r - 2\ f \rightarrow$ | $0{,}8\ f_r$ | $0{,}6\ f_r$ | $0{,}4\ f_r$ | $0{,}2\ f_r$ | $0$ |

o que significa que para todas as frequências

$$f \geqslant 0{,}25\ f_r$$

$(f_r - 2\ f)$ será inferior a $0{,}5\ f_r$ sendo incluída portanto na desmodulação pelo filtro passa-baixas de banda de transmissão

$$F = 0{,}5\ f_r$$

tendo-se para o exemplo considerado

$$p_{12} = 0{,}0628 = -24 \text{ db}$$

De (137) resulta que $p_{12}$ é proporcional à duração T dos impulsos da sucessão não modulada, vindo

$$p_{12} = \frac{\pi}{2}\ \frac{T}{T_r} \tag{75}$$

* * *

Analisemos agora a modulação simétrica (3.º tipo).

Para o mesmo sinal

$$f(t) = A \text{ sen } (\omega t + \theta)$$

obtemos a seguinte expressão para $S_{MD3}(t)$:

$$\begin{aligned} S_{MD3}(t) = {} & E\,\frac{T}{T_r} + E\,\frac{T}{T_r}\ m\ A \text{ sen } (\omega t + \theta) + \\ & + E \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\pi n} J_o\left(n\,\pi\,\frac{T}{T_r}\ m\ A\right) 2 \text{ sen } n\ \omega_r \frac{T}{2} \cos n\ \omega_r\ t + \\ & + E \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{\substack{K=-\infty \\ K=2p \neq 0}}^{\infty} \frac{1}{n\,\pi} J_k\left(n\,\pi\,\frac{T}{T_r}\ m\ A\right) 2 \text{ sen } n\ \omega_r \frac{T}{2} \cos\left[(n\ \omega_r + k\ \omega)\ t + K\ \theta\right] + \\ & + E \sum_{n=-1}^{\infty} \sum_{\substack{K=-\infty \\ K=2p+1}}^{\infty} \frac{1}{n\,\pi} J_k\left(n\,\pi\,\frac{T}{T_r}\ m\ A\right) 2 \cos n\ \omega_r \frac{T}{2} \text{ sen } \left[(n\ \omega_r + k\ \omega)\ t + K\ \theta\right] \end{aligned} \tag{138}$$

Por considerações semelhantes às anteriores teremos:

$$\begin{aligned} K = \text{par} \qquad & p_{nk} = \left(\frac{n\,\pi}{2}\ \frac{T}{T_r}\right)^{k-1} \frac{1}{K!} \text{ sen } n\ \omega_r \frac{T}{2} \\ K = \text{impar} \qquad & p_{nk} = \left(\frac{n\,\pi}{2}\ \frac{T}{T_r}\right)^{k-1} \frac{1}{K!} \cos n\ \omega_r \frac{T}{2} \end{aligned} \tag{139}$$

vindo

| | | | |
|---|---|---|---|
| $K \rightarrow$ | $\pm 1$ | $\pm 2$ | $\pm 3$ |
| $p_{1k} \rightarrow$ | $0{,}992$ | $0{,}00392$ | $0{,}00065$ |

donde se conclui que

$$p_{12} = 0{,}00392$$

enquanto que na modulação assimétrica

$$p_{12} = 0{,}0628$$

A modulação simétrica em duração apresenta, no que respeita à distorsão, nítidas vantagens em relação à modulação assimétrica.

*Nota* — Não vale a pena determinar as bandas laterais das frequências $n\ f_r$ $(n > 1)$ pois que, para os valores de K a que correspondem frequências que interessam a desmodulação, $p_{nk}$ reduz-se a um valor muito pequeno.

Exemplo:

Seja a frequência $n\ f_r$ e f ligeiramente inferior a $f_r/2$. O menor valor de K que interessa considerar satisfaz a

$$n\ f_r - (K-1)\ \frac{f_r}{2} = \frac{f_r}{2}$$

ou seja:

$$K = 2\ n$$

para $n = 2$ teríamos:

$$K = 4$$

reduzindo-se $p_{24}$ a:

$$p_{24} = 0{,}00065$$

Para $n > 2$ tirar-se-iam conclusões semelhantes.

## 2 — Modulação em posição

Para um sinal $f(t) = A \text{ sen } (\omega\ t + \theta)$ a expressão analítica duma sucessão modulada em posição é:

$$\begin{aligned} S_{MP}(t) = {} & E\ \frac{T}{T_r} - E\ \frac{T_a}{T_r}\ m\ A\ 2 \text{ sen } \frac{\omega\ T}{2} \cos\left(\omega\ t - \frac{\omega\ T}{2} + \theta\right) + \\ & + E \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{\pi\ n} \text{ sen } n\ \omega_r\ \frac{T}{2}\ J_0\left(2\ \pi\ n\ \frac{T_a}{T_r}\ m\ A\right) \cos n\ \omega_r \left(t - \frac{T}{2}\right) + \\ & + E \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{\substack{K=-\infty \\ K \neq 0}}^{\infty} \frac{2}{\pi\ n} \text{ sen } (n\ \omega_r + K\ \omega)\ \frac{T}{2}\ J_k\left(2\ \pi\ n\ \frac{T_a}{T_r}\ m\ A\right) (-1)^k \cos\left[(n\ \omega_r + K\ \omega)\left(t - \frac{T}{2}\right) + K\ \theta\right] \end{aligned} \tag{140}$$

* * *

Para impulsos de curta duração, digamos $T = 0{,}5\ \mu\ s$, a componente de audio-frequência

$$S = E\ \frac{T_a}{T_r}\ (m\ A)\ 2 \text{ sen } \frac{\omega\ T}{2} \simeq E\ \frac{T_a}{T_r}\ m\ A\ .\ \omega\ T$$

ou ainda tomando $m\ A = 1$

$$S = E\ \frac{T_a}{T_r}\ \omega\ T \tag{141}$$

O coeficiente $B_{nk}$ será, em valor absoluto:

$$B_{nk} = E\ \frac{2}{\pi\ n} \text{ sen } (n\ \omega_r + K\ \omega)\ \frac{T}{2}\ J_k\left(2\ \pi\ n\ \frac{T_a}{T_r}\ m\ A\right)$$

o que aproximadamente se pode tomar:

$$B_{nk} = E \frac{2}{\pi n} (n \omega_r + K \omega) \frac{T}{2} J_k \left( 2 \pi n \frac{T_a}{T_r} m A \right) \tag{142}$$

Usaremos como limite superior $T_a = 5 \mu s$, podendo-se assim utilizar a mesma expressão simplificada para a função de Bossel usada em (135).

Nesta hipótese resulta para

$$p_{nk} = \frac{B_{nk}}{S}$$

a seguinte expressão:

$$p_{nk} = \frac{n f_r + K f}{f} \left( n \pi \frac{T_a}{T_r} \right)^{k-1} \frac{1}{K!} \tag{143}$$

Podemos, daqui, concluir que àparte a aproximação que resulta de se ter tomado

$$\frac{\omega T}{2}$$

por

$$\text{sen} \frac{\omega T}{2}$$

a componente de audio-frequência representa exactamente a derivada do sinal modulante.

A distorsão provém, como na modulação em duração, da inclusão das frequências da banda lateral esquerda da frequência de repetição.

O valor relativo dos coeficientes das frequências das bandas laterais é igual ao da modulação em duração assimétrica multiplicado por

$$\frac{n f_r + K f}{f}$$

dependendo, assim, da frequência do sinal modulante.

Apresentamos o cálculo de $p_{1k}$ para o caso de $T_a = 5 \mu s$ $T_r = 125 \mu s$, tendo considerado as seguintes frequências:

$$f = 0{,}1 f_r \longrightarrow 800 \text{ Hz}$$
$$f = 0{,}2 f_r \longrightarrow 1.600 \text{ Hz}$$
$$f = 0{,}4 f_r \longrightarrow 3.200 \text{ Hz}$$

Relativamente a estes valores, obtemos o seguinte quadro:

Quadro de valores de $| p_{1k} |$

| K | $-1$ | $+1$ | $-2$ | $+2$ | $-3$ | $+3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $0{,}1 f_r$ | 9 | 11 | 0,50 | 0,74 | 0,018 | 0,033 |
| $0{,}2 f_r$ | 4 | 6 | 0,19 | 0,44 | 0,005 | 0,020 |
| $0{,}4 f_r$ | 1,5 | 3,5 | 0,03 | 0,28 | 0,001 | 0,014 |

*Nota:* — $p_{1k}$ é tomado sempre em valor absoluto.

* * *

Como se viu «$p_{nkD}$» para a modulação em duração relaciona-se com o correspondente «$p_{nkP}$» da modulação de fase por

$$p_{nkP} = \frac{n f_r + K f}{f} p_{nkD}$$

desde que no primeiro caso a duração T seja igual ao desvio máximo $T_a$ na modulação de fase.

Analisemos agora a distorsão que realmente se observa quando se utiliza na desmodulação um filtro passa-baixas a que se segue a integração da componente de audio.

A componente de audio é:

$$E\,m\,A\,\frac{T_a}{T_r}\,\omega\,T\cos\omega\left(t-\frac{T}{2}\right)$$

A banda lateral

$$E\,\frac{1}{\pi n}\left(n\,\omega_r+k\,\omega\right)T\,J_k\left(2\,\pi\,n\,\frac{T_a}{T_r}\,m\,A\right)\cos\left(n\,\omega_r+k\,\omega\right)\left(t-\frac{T}{2}\right)$$

A integração conduz respectivamente a:

$$C\,.\,E\,\frac{T_a}{T_r}\,T\,\mathrm{sen}\,\omega\left(t-\frac{T}{2}\right)=$$

$$=C\,.\,E\,\frac{1}{\pi n}\,T\,J_k\left(2\,\pi\,n\,\frac{T_a}{T_r}\,mA\right)\mathrm{sen}\left(n\,\omega_r+k\,\omega\right)\left(t-\frac{T}{2}\right)$$

C é uma constante com as dimensões do inverso dum tempo.

Daqui resulta:

$$p_{nk}\left(\text{Desmodulação}\right)=\left(n\,\pi\,\frac{T_a}{T_r}\right)^{k-1}\frac{1}{K!}$$

obtem-se assim a mesma distorsão que na modulação em duração assimétrica, em que $T_a = T$.

* * *

Como forma directa de transmissão, a modulação de fase tem o inconveniente duma desmodulação mais complexa, além de que como se notou anteriormente, a resposta do filtro passa-baixas é de baixo nível, uma vez que

$$S=E\,\frac{T_a}{T_r}\,\omega\,T$$

e $\omega\,T \ll 1$ para impulsos de curta duração. No que respeita à distorsão, é aproximadamente equivalente à modulação em duração.

### 3 — Modulação de frequência

A expressão analítica duma sucessão modulada em frequência por um sinal $f(t) = A\cos(\omega t+\theta)$ é:

$$S_{MF}(t)=E\,\frac{T}{T_r}+E\,\frac{F_o}{\omega}\left(mA\right)2\,\mathrm{sen}\,\frac{\omega\,T}{2}\cos\left(\omega\left(t-\frac{T}{2}\right)+\theta\right)+$$

$$+E\sum_{n=1}^{\infty}\frac{2}{\pi n}\,\mathrm{sen}\,n\,\omega_r\,\frac{T}{2}\,J_o\left(n\,\frac{F_o}{f}\,mA\right)\cos n\,\omega_r\left(t-\frac{T}{2}\right)+$$

$$+E\sum_{n=1}^{\infty}\sum_{\substack{k=-\infty\\k\neq 0}}^{\infty}\frac{2}{\pi n}\,\mathrm{sen}\left(n\,\omega_r+k\,\omega\right)\frac{T}{2}\,J_k\left(n\,\frac{F_o}{f}\,mA\right).\cos\left[\left(n\,\omega_r+k\,\omega\right)\left(t-\frac{T}{2}\right)+k\,\theta\right]\tag{144}$$

* * *

Para impulsos de curta duração teremos:

$$S = E \frac{F_o}{\omega} (m\ A)\ \text{sen} \frac{\omega T}{2} \simeq E\ F_o\ T \qquad (m\ A = 1) \tag{145}$$

em que $F_o$ representa o desvio máximo de frequência e ainda

$$B_{nk} = E \frac{2}{\pi n} \text{sen}\ (n\omega_r + K\omega) \frac{T}{2} J_k \left( n \frac{F_o}{f} m\ A \right) \simeq$$

$$\simeq E \frac{2}{n} (n\ f_r + K\ f)\ T\ J_k \left( n \frac{F_o}{f} \right) \tag{146}$$

Obtemos, assim, para a modulação de frequência

$$p_{nk} = \frac{B_{nk}}{S} = \frac{2}{n} \frac{n\ f_r + K\ f}{F_o} J_k \left( n \frac{F_o}{f} \right) \tag{147}$$

o que significa que também aqui $p_{nk}$ depende da frequência do sinal modulante.

* * *

Calculemos agora $p_{lk}$ para os seguintes valores:

1) $F_o = 0{,}4\ f_r$
$T = 5\ \mu S \qquad f_r = 8\ k\ Hz$
$f = 0{,}1 \qquad 0{,}2 \qquad 0{,}4\ f_r$

2) $F_o = 0{,}2\ f_r$
$T = 5\ \mu S \qquad f_r = 8\ k\ Hz$
$f = 0{,}1 \qquad 0{,}2 \qquad 0{,}4\ f_r$

Quadros de valores de $|p_{lkF}|$

1) $F_o = 0{,}4\ f_r$

| K | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,1 $f_r$ | $K < 0$ | 0,30 | 1,46 | 1,51 | 0,84 | 0,33 |
| | $K > 0$ | 0,36 | 2,18 | 2,80 | 1,97 | 0,98 |
| 0,2 $f_r$ | $K < 0$ | 2,30 | 1,09 | 0,26 | 0,03 | 0 |
| | $K > 0$ | 3,46 | 2,46 | 1,03 | 0,31 | 0,07 |
| 0,4 $f_r$ | $K < 0$ | 1,32 | 0,11 | 0,02 | 0,0072 | 0,0012 |
| | $K > 0$ | 3,07 | 1,03 | 0,21 | 0,031 | 0,0036 |

2) $F_o = 0{,}2\ f_r$

| K | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,1 $f_r$ | $K < 0$ | 5,19 | 2,82 | 0,90 | 0,20 | 0,03 |
| | $K > 0$ | 6,35 | 4,22 | 1,67 | 0,48 | 0,10 |
| 0,2 $f_r$ | $K < 0$ | 3,52 | 0,69 | 0,076 | 0,0048 | 0 |
| | $K > 0$ | 5,29 | 1,59 | 0,304 | 0,0432 | 0,0048 |
| 0,4 $f_r$ | $K < 0$ | 1,50 | 0,062 | 0,0052 | 0,0009 | 0,00008 |
| | $K > 0$ | 3,50 | 0,558 | 0,0572 | 0,0039 | 0,00024 |

Para melhor comparação confrontemos os valores de $p_{lk}$ para K = constante e diferentes desvios $F_o$

| | | 0,1 $f_r$ | 0,2 $f_r$ | 0,4 $f_r$ |
|---|---|---|---|---|
| K = — 1 | $F_o$ = 0,4 $f_r$ | 0,30 | 2,30 | 1,32 |
| | $F_o$ = 0,2 $f_r$ | 5,19 | 3,52 | 1,50 |
| K = — 2 | $F_o$ = 0,4 $f_r$ | 1,46 | 1,09 | 0,11 |
| | $F_o$ = 0,2 $f_r$ | 2,82 | 0,69 | 0,062 |
| K = — 3 | $F_o$ = 0,4 $f_r$ | 2,51 | 0,26 | 0,02 |
| | $F_o$ = 0,2 $f_r$ | 0,90 | 0,076 | 0,0052 |
| K = — 4 | $F_o$ = 0,4 $f_r$ | 0,84 | 0,03 | 0,0072 |
| | $F_o$ = 0,2 $f_r$ | 0,20 | 0,0048 | 0,0009 |
| K = — 5 | $F_o$ = 0,4 $f_r$ | 0,33 | 0 | 0,0012 |
| | $F_o$ = 0,2 $f_r$ | 0,03 | 0 | 0,00008 |

Os valores que interessa considerar são aqueles em que

$$| f_r + K f | < f_r / 2$$

e estão contidos nas separações que figuram no quadro, concluindo-se que neste domínio $p_{lk}$ diminui com o desvio máximo de frequência $F_o$.

Nota-se, no entanto, que mesmo para $F_o = 0{,}2\ f_r$ contribuem para a distorsão, de modo importante, as frequências

$$(f_r - 2\ f),\ (f_r - 3\ f),\ (f_r - 4\ f) \text{ e } (f_r - 5\ f)$$

Para os valores mais elevados do f ($\simeq 0{,}5\ f_r$) a contribuição resume-se pràticamente a $(f_r - 2\ f)$. Para as frequências mais baixas ($\simeq 0{,}1\ f_r$) esta resulta essencialmente de $(f_r - 5\ f)$.

* * *

A modulação de frequência apresenta distorsões mais elevadas que os outros tipos de modulação a menos que reduza o valor do desvio máximo $F_o$.

O inconveniente da redução de $F_o$ é o mesmo da redução de $T_a$ na modulação de fase — diminuição do sinal desmodulado — uma vez que $S = E\ F_o\ T$.

* * *

No quadro n.º 8 representam-se os espectros dos três tipos de modulação na hipótese considerada dos sinais serem sinusoidais.

Em escala logaritmica vão marcados os valores $| p_{lk} |$ calculados assinalando-se por «S» o valor unidade correspondente ao sinal.

Marcaram-se ainda as componentes contínuas e os coeficientes correspondentes à frequência de repetição $f_r$ cujos valores são os seguintes:

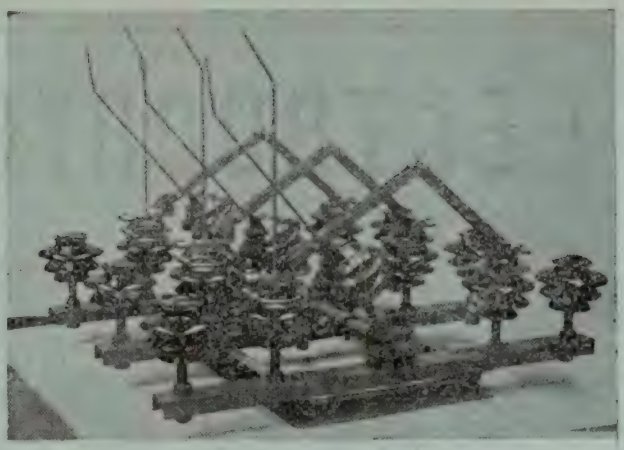
**I — Modulação em duração assimètrica**

$$S = E \frac{T}{T_r}$$

Componente contínua $\quad E \dfrac{T}{T_r}$ valor relativo a S = 1

Componente $f_r$ ($\omega T \ll 1$) $\quad 2\,E \dfrac{T}{T_r}$ — valor relativo a S = 2

MATERIAL DE ALTA TENSÃO

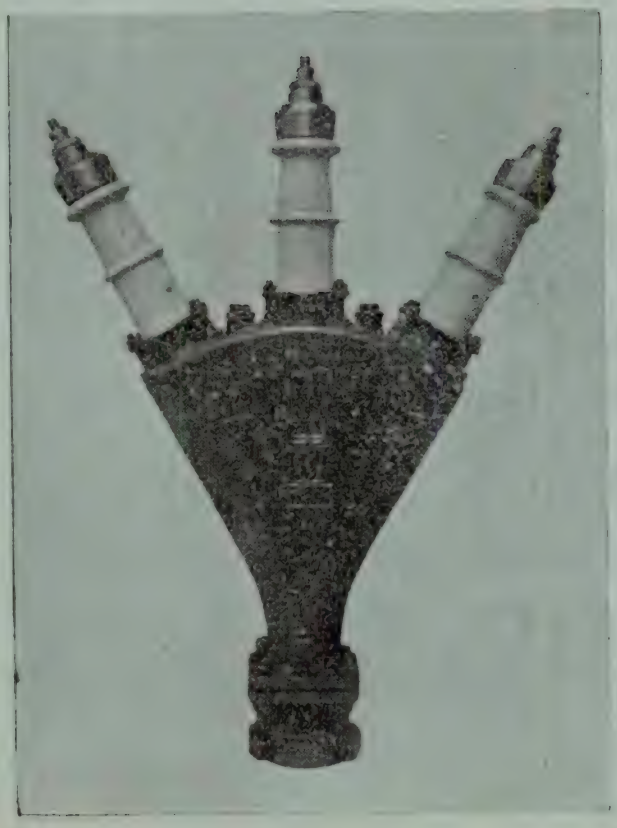


# JAYME DA COSTA, L.DA

LISBOA
RUA DOS CORREEIROS, 14

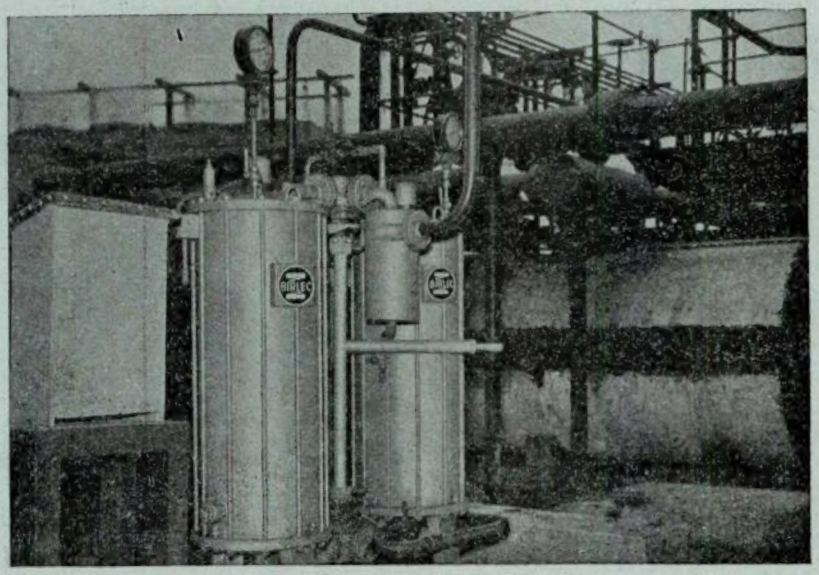
PORTO
PRAÇA DA BATALHA, 12

LUANDA
CAIXA POSTAL 5174



ENTREGAS RÁPIDAS

# LECTRODRYERS-BIRLEC



... os exsicadores mais eficientes e económicos que se fabricam para usos industriais. Os seus vários modelos foram estudados especialmente para a extracção de vapor de água do ar e outros gases, assim como de certos líquidos orgânicos. Esta operação é realizada sem a utilização de produtos corrosivos ou dispendiosos, e, sem quaisquer mecanismos que necessitem de assistência e manutenção. A única despesa de funcionamento resume-se na corrente eléctrica ou vapor necessários para a reactivação do material absorvente

**BIRLEC** BIRLEC **LIMITED**

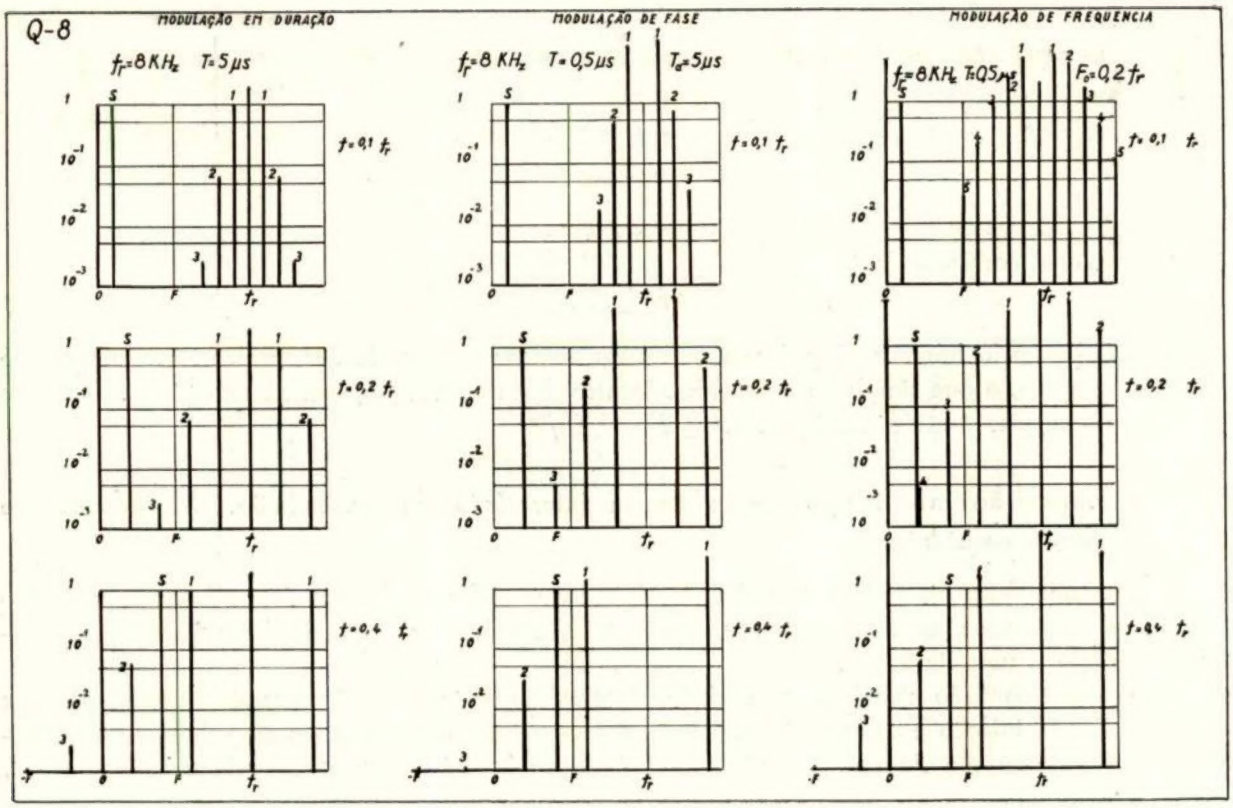
**BIRMINGHAM — Inglaterra**

**Peça detalhes aos Reprentantes:**

## AHLERS, LINDLEY, L.DA

Rua Ferregial de Baixo, 33-2.º
LISBOA
Telef. 2 1321/4

Palácio do Atlântico, 408
Praça D. João I
PORTO — Telef. 3 1414/5




## 2 — Modulação de fase

$$S = E \frac{T}{T_r} \omega T_a$$

Componente contínua $E \frac{T}{T_r}$ — valor relativo a $S = \frac{1}{\omega T_a}$

Componente $f_r$ $(\omega T \ll 1)$ $2 E \frac{T}{T_r}$ — valor relativo a $S = \frac{2}{\omega T_a}$

Estes valores são muito grandes, pelo que não foram marcados. Efectivamente temos:

$$f = 0{,}1 f_r \qquad f_r = 8.000 \text{ Hz} \qquad T_a = 5 \mu S \qquad \frac{1}{\omega T_a} = 40$$

Este facto resulta evidentemente do baixo valor de «S».

## 3 — Modulação de frequência

$$S = E T F_o$$

Componente contínua $E \frac{T}{T_r}$ — valor relativo a $S = \frac{1}{F_o T_r}$

Para $F_o = 0{,}2 f_r$ $\qquad \frac{1}{F_o T_r} = 5$

Componente $f_r$ $(\omega T \ll 1)$ $2 E \frac{T}{T_r} J_o \left(\frac{F_o}{f}\right)$ — valor relativo a $S = \frac{2}{F_o T_r} J_o \left(\frac{F_o}{f}\right)$

Para $F_o = 0{,}2\ f_r$ temos $10\ J_o \left(0{,}2\ \frac{f_r}{f}\right)$ o que calculado dá:

| | |
|---|---|
| $f = 0{,}1\ f_r$ | 2,2 |
| $f = 0{,}1\ f_r$ | 7,6 |
| $f = 0{,}4\ f_r$ | 9,4 |

* * *

Os valores correspondentes a

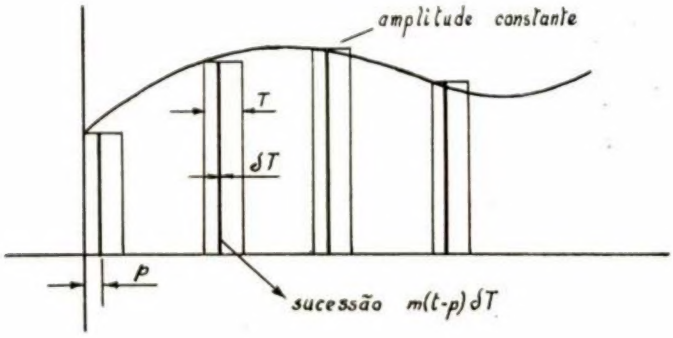
$$f_r \pm K\ f$$

vão assinalados pelo número K e foram marcados ao longo da escala das frequências, mesmo que esta seja negativa, o que simplifica o desenho. Dentro desta convenção, contribuem para a distorsão todas as frequências contidas no intervalo $\pm F = \pm f_r / 2$.

## E — A modulação no tempo como forma intermédia de transmissão. Modulação de amplitude constante

Do estudo feito no último capítulo, conclui-se que todas as formas de modulação no tempo introduzem distorsão; as vantagens que apresentam, relativamente ao problema do ruido, encontram deste modo uma limitação.

É possíxel contudo utilizá-las como forma intermédia de transmissão, usando-se como sistemas terminais de modulação e desmodulação um tipo especial de modulação em amplitude — que denominaremos «modulação de amplitude constante» — e que consiste numa sucessão de impulsos tal, que estes mantêm constante a amplitude correspondente a um dado instante (Fig. 45).




A expressão analítica desta sucessão pode obter-se do modo seguinte:

*a*) Seja $S_o(t)\ \delta T$ a expressão analítica duma sucessão de impulsos infinitésimais de duração $\delta T$, amplitude unidade e período de repetição $T_r$.

Esta expressão já foi anteriormente considerada e obtem-se fazendo tender $T \rightarrow \delta T$ e tomando o arco pelo seno na expressão correspondente à duração T.

$$S_o(t)\ \delta T = \left(\frac{1}{T_r} + \sum_{n=1}^{\infty} 2\ \frac{1}{T_r} \cos n\omega_r t\right) \delta T \tag{144}$$

*b*) Modulando em amplitude esta sucessão por

$$E\ [1 + m\ f(t)]$$

obtem-se:

$$m(t)\ \delta T = [1 + m\ f(t)] \left(\frac{E}{T_r} + \sum_{n=1}^{\infty} 2\ \frac{E}{T_r} \cos n\omega_r t\right) \delta T \tag{145}$$

*c*) A expressão duma sucessão idêntica mas em atraso de «p» será

$$m\ (t - p)\ \partial T \tag{146}$$

*d*) A sucessão pretendida será o somatório de todas as sucessões correspondentes a p variável de O a T e a sua expressão

$$\int_0^T m\ (t - p)\ dp \tag{147}$$

em que se fez

$$dp = \partial\ T$$

Este método é normalmente utilizado por dizersos autores.

* * *

Para um sinal da forma:

$$f = A \cos (\omega\ t + \theta)$$

(147) conduz a:

$$S_{\overline{AM}}\ (t) = E \frac{T}{T_r}\ (m\ A) \frac{\operatorname{sen} \frac{\omega T}{2}}{\frac{\omega T}{2}} \cos \left[ \omega \left( t - \frac{T}{2} \right) + \theta \right]$$

$$+ \sum_{n=1}^{\infty} 2 \frac{E}{\pi\ n} \operatorname{sen} n\ \pi \frac{T}{T_r} \cos \left[ n\ \omega_r \left( t - \frac{T}{2} \right) + \theta \right]$$

$$+ (m\ A\ E) \frac{T}{T_r} \sum_{n=1}^{\infty} \operatorname{sen} \frac{(n\ \omega_r - \omega) \frac{T}{2}}{(n\ \omega_r - \omega) \frac{T}{2}} \cos \left[ (n\ \omega_r - \omega) \left( t - \frac{T}{2} \right) - \theta \right] +$$

$$+ (m\ A\ E) \frac{T}{T_r} \sum_{n=1}^{\infty} \operatorname{sen} \frac{(n\ \omega_r + \omega) \frac{T}{2}}{(n\ \omega_r + \omega) \frac{T}{2}} \cos \left[ (n\ \omega_r + \omega) \left( t + \frac{T}{2} \right) + \theta \right] \tag{148}$$

* * *

1) — As duas últimas linhas representam as bandas laterais dos múltiplos de n $f_r$ as quais se reduzem às frequências

$$n\ f_r \pm f$$

Desde que $f < f_r/2$ não haverá inclusão de bandas laterais na desmodulação.

2) — A segunda linha representa uma função periódica de período $T_r$.

3) — A primeira contém a componente de audio-frequência.

Na desmodulação obtemos um sinal que é uma transformação linear do original, a qual se pode traduzir por um operador complexo

$$\overline{M}_A\ (\omega) = \frac{\operatorname{sen} \left( \frac{\omega T}{2} \right)}{\frac{\omega T}{2}}\ \varepsilon^{-j \omega \frac{T}{2}} \tag{149}$$